

# **CAMBIO CLIMÁTICO Y SUS EFECTOS EN LA REGION PIURA**

Jesús Alberto Torres Guerra  
Nora Rosa Concepción Malca Casavilca  
Gina Chambi Echeagaray  
Carlos Cabrera Carranza  
Beatriz Gina Herencia Félix  
Mario Rodríguez Delgado  
Juan Carlos Montero Chirito



# **CAMBIO CLIMÁTICO Y SUS EFECTOS EN LA REGIÓN PIURA**

## **Autores:**

Jesús Alberto Torres Guerra

Nora Rosa Concepción Malca Casavilca

Gina Chambi Echegaray

Carlos Cabrera Carranza

Beatriz Gina Herencia Félix

Mario Rodríguez Delgado

Juan Carlos Montero Chirito

Copyright © 2025

Jesús Alberto Torres Guerra

Nora Rosa Concepción Malca Casavilca

Gina Chambi EcheGARAY

Carlos Cabrera Carranza

Beatriz Gina Herencia Félix

Mario Rodríguez Delgado

Juan Carlos Montero Chirito

Todos los derechos reservados.

ISBN: 978-9942-696-03-8

La presente obra fue revisada por pares académicos ciegos conforme al proceso editorial de la Editorial CILADI.



## **PRÓLOGO**

El cambio climático es uno de los desafíos más apremiantes de nuestra era, afectando no solo el equilibrio ecológico del planeta, sino también la vida cotidiana de millones de personas. En este contexto, el presente libro "Cambio Climático y sus Efectos en la Región Piura" ofrece un análisis detallado sobre la vulnerabilidad de la cuenca del río Piura frente a los fenómenos climáticos extremos, especialmente aquellos relacionados con El Niño y La Niña. A través de una exhaustiva revisión científica, los autores presentan una mirada integral sobre los impactos ambientales, económicos y sociales de este fenómeno, resaltando la importancia de la gestión sostenible de los recursos hídricos.

La región de Piura, ubicada en el noroeste del Perú, es un espacio geográfico particularmente expuesto a las fluctuaciones climáticas. Las intensas precipitaciones, las recurrentes inundaciones y las prolongadas sequías han configurado un territorio donde la resiliencia y la adaptación son esenciales para la supervivencia de comunidades enteras. En este sentido, el libro aborda estrategias innovadoras de gestión del riesgo de desastres, así como propuestas de políticas públicas que pueden contribuir a la mitigación de los efectos adversos del clima en la zona.

Este trabajo no solo se convierte en una referencia indispensable para investigadores, urbanistas y tomadores de decisiones, sino que también resulta de vital importancia para la sociedad en general. La interacción entre cambio climático, desarrollo urbano y ecosistemas frágiles que se expone en estas páginas constituye una contribución significativa al conocimiento científico sobre el impacto del calentamiento global en las regiones costeras y andinas del Perú. En un momento donde la crisis climática es una realidad insoslayable, esta obra nos invita a reflexionar sobre la urgencia de adoptar medidas concretas y sostenibles para enfrentar los retos ambientales del presente y del futuro.

**PhD. Antonio Poveda G.**

**Editor**

## **RESUMEN**

Este libro dedicado a “Cambio Climático y Riesgo de Desastres en la Región Piura” aborda cómo el cambio climático ha intensificado los riesgos de desastres naturales en esta región, ubicada al noroeste del Perú. La cuenca del río Piura es particularmente vulnerable debido a factores climáticos, geográficos y socioeconómicos.

El fenómeno de El Niño, que se produce periódicamente, provoca fuertes lluvias que desbordan el río y provocan inundaciones devastadoras. El cambio climático ha exacerbado estos fenómenos, aumentando la frecuencia e intensidad de las precipitaciones. Esto no sólo afecta a la infraestructura, sino que también pone en peligro a las comunidades locales, la agricultura y la economía regional.

Este libro enfatiza la necesidad de una gestión integrada de los recursos hídricos, junto con una planificación urbana que considere proyecciones climáticas futuras. También enfatiza la importancia de fortalecer la capacidad de respuesta de las comunidades a través de la educación y la sensibilización, así como la implementación de sistemas de alerta temprana.

La adaptación al cambio climático en la Región Piura requiere un enfoque multidisciplinario y coordinado, que involucre a las autoridades locales, el gobierno nacional y la comunidad internacional. Esto incluye tanto la mitigación de riesgos a través de infraestructura resiliente como la creación de políticas públicas que promuevan la resiliencia comunitaria ante los desastres naturales.

Finalmente, destaca la urgencia de abordar los desafíos del cambio climático en la cuenca del río Piura para reducir los riesgos de desastres y proteger a las poblaciones más vulnerables.

## **ABSTRACT**

This book dedicated to “Climate Change and Disaster Risk in the Piura River Basin” addresses how climate change has intensified the risks of natural disasters in this region, located in northwestern Peru. The Piura River basin is particularly vulnerable due to climatic, geographic and socioeconomic factors.

The regularly occurring El Niño phenomenon causes heavy rains that overflow the river, causing devastating floods. Climate change has exacerbated these phenomena, increasing the frequency and intensity of rainfall. This not only affects infrastructure, but also endangers local communities, agriculture and the regional economy.

This book stresses the need for integrated water resources management, together with urban planning that considers future climate projections. It also emphasizes the importance of strengthening the response capacity of communities through education and awareness raising, as well as the implementation of early warning systems.

Adaptation to climate change in the Piura river basin requires a multidisciplinary and coordinated approach, involving local authorities, the national government and the international community. This includes both risk mitigation through resilient infrastructure and the creation of public policies that promote community resilience to natural disasters.

Finally, it highlights the urgency of addressing the challenges of climate change in the Piura river basin to reduce disaster risks and protect the most vulnerable populations.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	<b>7</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>8</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>9</b>
<b>PREFACIO</b> .....	<b>12</b>
<b>ANTECEDENTES</b> .....	<b>14</b>
<b>I. CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES</b> .....	<b>17</b>
<b>1.1 Cuenca Hidrográfica del río Piura</b> .....	<b>18</b>
<b>1.2 Aspectos bióticos de la cuenca Piura</b> .....	<b>20</b>
1.2.1. La Cobertura Vegetal.....	20
1.2.2. Ecología y Zonas de Vida .....	21
1.2.2.1. El Bosque Seco .....	21
1.2.2.2. El Páramo en la Cuenca Piura .....	22
1.2.2.3. El páramo en el ámbito del cambio climático.....	23
1.2.3. Características de la Cobertura Vegetal en la Cuenca Baja .....	24
1.2.3.1. Los humedales .....	24
1.2.4. Cobertura Vegetal en la Zona Media de la Cuenca .....	25
1.2.5. Cobertura Vegetal en la Zona Alta de la Cuenca .....	26
1.2.6. Cultivos.....	27
1.2.7. Gestión del Bosque .....	27
1.2.8. Fauna.....	29
1.2.8.1. En el área costera.....	29
1.2.9. Producción Agropecuaria en la Cuenca del Río Piura .....	31
1.2.10. Practicas inadecuadas de manejo de ganado y pasturas .....	31
1.2.10.1. Caza de la fauna silvestre y acuícola.....	31
1.2.11. Ganadería .....	32
1.2.12. Contaminación del medio ambiente .....	33
1.2.13. Pequeña industria .....	34
1.2.13.1. Débil organización de los productores. ....	34
1.2.14. Minifundios .....	35
<b>II. CAPÍTULO II: Características de la cuenca Piura</b> .....	<b>37</b>
<b>2.1 Caracterización Medioambiental</b> .....	<b>37</b>
<b>2.2 Zonificación Ecológica.</b> .....	<b>39</b>
2.2.1. Mar Tropical: .....	40
2.2.2. Mar Frío:.....	40
2.2.3. Desierto y Lomas Costeras .....	41
2.2.4. Bosque Seco Ecuatorial .....	42
2.2.5. Sierra Esteparia .....	46
2.2.6. Páramo .....	47
<b>2.3 Caracterización Física</b> .....	<b>48</b>
2.3.1. Zonas físicas de la cuenca Piura .....	48
2.3.1.1. Zona Baja .....	49
2.3.1.2. Zona media .....	50
2.3.1.3. Zona Alta .....	51

<b>2.4</b>	<b>Geología de la cuenca Piura</b> .....	<b>53</b>
<b>2.5</b>	<b>Geomorfología de la cuenca Piura</b> .....	<b>54</b>
2.5.1.	La Morfometría en la Cuenca Piura.....	56
<b>2.6</b>	<b>Litología de depósitos Cuaternarios de la cuenca Piura.</b> .....	<b>58</b>
<b>2.7</b>	<b>Clima en la Cuenca Piura</b> .....	<b>61</b>
2.7.1.	Introducción .....	61
2.7.2.	Factores climáticos.....	62
2.7.3.	Proyecciones Climáticas y Temperaturas.....	63
2.7.3.1.	Temperaturas extremas.....	63
2.7.3.2.	Proyección de precipitaciones .....	63
<b>2.8</b>	<b>Análisis sísmico de la cuenca Piura</b> .....	<b>64</b>
<b>2.9</b>	<b>Hidrología de la región Piura</b> .....	<b>65</b>
2.9.1.	Introducción .....	65
2.9.2.	Hidrografía .....	65
2.9.3.	Gestión de los Recursos Hídricos .....	67
2.9.4.	Infraestructura Hidráulica .....	67
2.9.4.1.	Infraestructura Hidráulica para uso Agrícola .....	68
2.9.4.2.	Infraestructura Hidráulica para el Abastecimiento Poblacional .....	69
2.9.4.3.	Infraestructura Hidráulica para uso Hydroenergético.....	69
2.9.4.4.	Infraestructura Hidráulica para uso Minero. ....	69
2.9.4.5.	Infraestructura Hidráulica para uso Industrial.....	70
<b>2.10</b>	<b>Aspecto Económico</b> .....	<b>70</b>
2.10.1.	Estructura productiva.....	71
2.10.2.	Evolución de la estructura productiva.....	72
2.10.3.	Actividades económicas .....	72
2.10.3.1.	Actividad Minera: .....	72
2.10.3.2.	Actividad Agropecuaria: .....	73
2.10.3.3.	Actividad Pesquera:.....	73
2.10.3.4.	Actividad Industrial:.....	73
<b>2.11</b>	<b>Principales Variables Económicas de la cuenca Piura</b> .....	<b>73</b>
2.11.1.	Agricultura y Pesca .....	73
2.11.2.	Actividades Industriales .....	74
2.11.3.	Servicios .....	75
2.11.4.	Construcción .....	76
<b>2.12</b>	<b>Principales variables sociales de la cuenca Piura</b> .....	<b>77</b>
<b>III.</b>	<b>CAPÍTULO III: PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA REGIÓN PIURA</b> .....	<b>78</b>
<b>3.1</b>	<b>Generalidades</b> .....	<b>78</b>
<b>3.2</b>	<b>Anomalías geológicas que generan peligros geológicos</b> .....	<b>78</b>
3.2.1.	Licuefacción de suelos.....	78
3.2.2.	Agrietamiento de suelos .....	79
<b>3.3</b>	<b>Incidencia de peligros geológicos en la región Piura</b> .....	<b>79</b>
<b>3.4</b>	<b>Infraestructura y zonas vulnerables a peligro geológicos</b> .....	<b>80</b>
<b>3.5</b>	<b>Zonas Críticas por Peligros Geológicos</b> .....	<b>81</b>
3.5.1.	Zonas de muy alta vulnerabilidad a Inundaciones .....	81
3.5.2.	Zonas de muy alta vulnerabilidad a movimientos de masa .....	81

<b>IV.</b>	<b><i>CAPÍTULO IV: La Vulnerabilidad de la cuenca Piura</i></b> .....	<b>83</b>
4.1	<b>La Vulnerabilidad y su Estratificación</b> .....	<b>84</b>
4.2	<b>La vulnerabilidad y sus Principales Factores</b> .....	<b>85</b>
4.2.1.	Exposición: .....	85
4.2.2.	Fragilidad.....	85
4.2.3.	Resiliencia.....	86
<b>V.</b>	<b><i>CAPÍTULO V: CAMBIO CLIMÁTICO Y RIESGO DE DESASTRES</i></b> .....	<b>87</b>
5.1	<b>Introducción</b> .....	<b>87</b>
5.2	<b>La gestión del riesgo en el contexto de cambio climático</b> .....	<b>88</b>
5.2.1.	Gestión prospectiva .....	88
5.2.2.	Gestión correctiva .....	88
5.2.3.	Gestión reactiva .....	89
5.3	<b>El Peligros en la cuenca Piura.</b> .....	<b>89</b>
5.3.1.	Identificación de los peligros.....	90
5.4	<b>El fenómeno de EL NIÑO en el Perú</b> .....	<b>92</b>
5.4.1.	La definición del fenómeno de El Niño en el tiempo. ....	93
5.4.2.	El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) .....	94
5.4.3.	Peligros de El Niño-Oscilación del Sur .....	95
5.4.4.	El Niño y el Niño Costero.....	96
5.4.5.	El Niño Costero.....	97
5.4.6.	Registro Histórico de Eventos FEN en la Región Piura. ....	97
<b>VI.</b>	<b><i>CAPÍTULO VI: EL COSTO DE LA MITIGACIÓN</i></b> .....	<b>99</b>
6.1	<b>Introducción</b> .....	<b>99</b>
6.2	<b>La estimación de los costos de mitigación en los informes del IPCC</b> .....	<b>99</b>
6.3	<b>Estimación de los costos de mitigación mediante modelos</b> .....	<b>101</b>
6.4	<b>El Costo de un clima cambiante</b> .....	<b>102</b>
6.5	<b>La acción climática en concordancia con el Acuerdo de París</b> .....	<b>103</b>
6.6	<b>Los costos de alcanzar los objetivos climáticos</b> .....	<b>104</b>
<b>VII.</b>	<b><i>CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES</i></b> .....	<b>105</b>
<b>VIII.</b>	<b><i>CAPÍTULO VIII: REFERENCIAS</i></b> .....	<b>109</b>

## **PREFACIO**

El Perú, es un territorio altamente sensible al cambio climático, la presencia de especiales y únicas condiciones geográficas en su espacio la ubican en esta condición. Diversos parámetros de sostenibilidad están afectados: su aspecto humano, su geografía, su biodiversidad y sus más representativos ecosistemas están calificados como "puntos de inflexión" terrestre: los Andes y la Amazonía experimentan una regresiva agonía por la extinción de especies nativas y pérdida de hábitats naturales. Asimismo, nuestro país es propenso a una variedad de desastres naturales, incluyendo terremotos, deslizamientos de tierra e inundaciones donde las comunidades costeras, están en mayor riesgo por el incremento del nivel del mar desencadenado por el calentamiento global.

El cambio climático es una realidad no sólo en el ámbito científico sino también en la población pues está teniendo un impacto devastador en la vida diaria de las personas. Eventos climáticos extraordinarios ocurridos en cortos períodos: 1982–1983, 1997–1998 y 2016-2017, han provocado olas de calor o frío, inundaciones y sequías, siendo la región Piura una de las más afectadas. Asimismo, los bosques tanto tropicales como nublados y los páramos andinos, responsables de la captación, retención y distribución de las aguas provenientes de las precipitaciones anuales en la cuenca son vulnerables a la disponibilidad de este recurso y donde el cambio climático sería devastador.

En general, se acepta que la temperatura de nuestro planeta ha aumentado alrededor de 1° C en los 100 últimos años, principalmente ocasionado por el incremento de las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la industria y el transporte. En un futuro predecible, se tiene la expectativa que esta temperatura crezca hasta 1,5° C arriba de la temperatura de la época preindustrial, a menos que alcancemos disminuir las emisiones y erradicar de la atmósfera los gases de efecto invernadero. El cambio climático, en la cuenca Piura se puede apreciar en la variabilidad atípica de las temperaturas de las aguas ecuatoriales, lo

que resulta en ciclos intensos de precipitaciones y sequías. En el caso de un incremento de temperatura, el evento climático se conoce como El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), o Fenómeno El Niño (FEN) y en el caso de una disminución, el evento climático se denomina fenómeno de La Niña. En condiciones FEN, la parte baja de la cuenca Piura es afectada por precipitaciones extraordinarias que superan todos los pronósticos.

Estas alternancias secas y húmedas marcadas por la corriente oceánica de Humboldt y el Anticiclón del Pacífico Sur de fuertes vientos y bajas temperaturas, ancestralmente han afectado a las poblaciones y han condicionado su presencia y distribución en esta cuenca hidrográfica y ahora juegan un papel trascendental en la adaptación al cambio climático, a través del desarrollo de capacidades socio-organizativas. Otros aspectos como, los ineficientes sistemas de drenaje y la ocupación de antiguas quebradas afectan gravemente, la integridad de las personas y las actividades socioeconómicas, en particular la horticultura y la pesca, haciendo de la cuenca Piura una zona altamente vulnerable al cambio climático.

Vivimos contextos inéditos que exigen replantear los principios de gestión en los que se asienta nuestro desarrollo, este actual paradigma nos enfrenta a la dicotomía de un abastecimiento creciente de recursos y el deterioro gradual e intensivo del medio ambiente y de los recursos naturales. Por otro lado, el cambio climático con sequías, hambrunas y masivas migraciones es una seria amenaza para la población. En este contexto, el enfoque interdisciplinario es esencial en la configuración de modelos climáticos y econométricos de gestión soportados por la Inteligencia artificial que permitan alcanzar un desarrollo sostenible de los recursos naturales.

## **ANTECEDENTES**

La existente infraestructura y administración de los recursos hídricos se fundamenta en el principio de estacionalidad, la cual estadísticamente se caracteriza por las propiedades climáticas observadas en el pasado y que persisten en el futuro en una determinada zona. Este principio ha sido la piedra angular de estudios hidrológicos e inundaciones, está cuestionado debido al cambio climático. El creciente índice de inundaciones en los últimos años no tiene precedentes y se proyecta que la potencial exposición global a este evento será proporcional a la intensidad del calentamiento, existiendo una mayor amenaza en la medida que aumenta la población mundial (Hirabayashi et al., 2021). Las lluvias debido al FEN en la costa norte del Perú alteran gravemente el patrón hídrico de la cuenca Piura, convirtiendo a la región en un área altamente susceptible a inundaciones. En enero de 2017, la colectividad peruana se vio conmovida por el rápido avance del fenómeno El Niño costero que trajo lluvias fuertes e inundaciones generalizadas en las zona norte y central del Perú. En el mes de abril, este imprevisto evento climático se convertiría en el mayor desastre del país en dos décadas, perjudicando a más de 1,7 millones de personas y causando miles de millones de dólares en daños y más de 130 víctimas mortales (Rodríguez-Morata et al., 2019).

La historia revela que, si bien es cierto los acaecimientos de “El Niño costero” son anómalos, los devastadores desastres asociados al ENOS es característico en la historia del Perú. Recientemente, fenómenos climáticos extremos de una severidad equivalente al evento de 2017 afectó el país en 1982-83 y en 1997-98 y desde el ultimo evento crítico, el Perú ha mejorado sus capacidades de vigilancia y pronóstico de El FEN y ha aumentado los recursos dedicados a la GRD. Las políticas normativas de la GRD y los marcos institucionales en nuestro país están alineados a las indicaciones internacionales

para la GRD, incluidas las del Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 de las Naciones Unidas (Aitsi-Selmi et al., 2015).

Por otro lado, la frecuencia de inundaciones y su riesgo asociado en zonas urbanas es un problema cada vez más crítico y de trascendencia mundial, siendo más crítico en países en desarrollo, donde el problema es poco entendido y poco investigado. Las experiencias en el campo hidrológico han logrado significativos adelantos en la provisión de suficientes bases para entender la gestión de los recursos hídricos urbanos respecto al cambio climático. Es un hecho que un mejorado entendimiento y modelización de la interacción entre precipitaciones, escorrentía superficial, urbanización, cambio climático y las inundaciones pluviales urbanas es, decisivo para abordar los problemas relacionados con el agua en los países en desarrollo (Nkwunonwo et al., 2020). En nuestro país, los riesgos hidrológicos crecientes y el uso intensivo de agua ejercen tensión sobre los recursos hídricos en su suelo (1.285.220 km<sup>2</sup>). También, la poca densidad de estaciones pluviométricas y registros de datos de flujo cortos han inducido a los hidrólogos y autoridades a ensanchar sus esfuerzos para lograr análisis más sistemáticos y a nivel nacional. Los modelos hidrológicos son una alternativa importante en este sentido, para proveer simulaciones de descarga de aguas continuas en dominios de gran escala para proporcionar valiosa información sobre inundaciones y su riesgo asociados incluso en zonas con información de observación terrestre limitada (Llauca et al., 2023).

Respecto al grave problema las inundaciones y sus impactos, Parodi et al., (2021), propone la valoración multidimensional de daños para el desarrollo de estrategias de mitigación de riesgos de desastres y la adopción de mejores políticas públicas teniendo en cuenta que, la evaluación integral cuantitativa de impacto es una forma efectiva de estructurar decisiones eficientes que permitan mitigar los daños pues en la actualidad, estos impactos se analizan excluyendo las secuelas ambientales. Gonzales, et al., (2019)

revelaron que la falta de capacidad y coordinación institucional fueron factores clave que contribuyeron a la magnitud del desastre en el 2017, ellos proponen la implementación de un método de alerta anticipada y el perfeccionamiento de la GRD como importantes acciones a tomar para paliar la gravedad del problema. Tejada y Bejarano, E. (2019) en su estudio, destacan la magnitud del planeamiento urbano y la gestión integral del agua para aminorar la vulnerabilidad urbana. Los autores proponen procedimientos de arreglo al cambio climático y la mejora de la infraestructura de drenaje, así como el manejo de aguas residuales. French et al., (2020), estudiaron el ámbito institucional de la GRD en el Perú y recomiendan puntuales medidas para tratar los riesgos relacionados al FEN. Reconocen los desafíos que tiene la GRD como asociados a características geofísicas del evento climático. Su análisis encuentra que las causas fundamentales de los recientes desastres del FEN en el Perú radican en sus atributos sociopolíticos e institucionales incluidos la centralización, la regionalización y la corrupción, factores que socavan los esfuerzos que permiten desarrollar capacidades de gestión de riesgo más integradas y sólidas.

En conclusión, los autores proponen la implementación de procedimientos de gestión del riesgo de desastres que incluya las dimensiones de prevención, las acciones de control, el desarrollo de respuestas inmediatas y la rehabilitación consensuada como medidas destacadas para mitigar la vulnerabilidad urbana. También se contempla y sugiere el adecuado diseño de infraestructura de derivación y dominio de inundaciones en zonas bajas y el diseño de sistemas de monitoreo del riesgo hídrico en la parte media y alta de la cuenca del río Piura. También se destaca la importancia de la participación comunitaria en la gestión del riesgo de desastres.

## I. CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES

La Región Piura, se ubica geográficamente al noroeste del suelo peruano, en 35 892,49 Km<sup>2</sup> de los cuales el 2.8% es superficie insular y 392.43 km de largo con 200 Km de ancho constituye la franja costera más amplia de nuestro país. Limita hacia el norte con Tumbes y Ecuador, al sur con Lambayeque, el este con Cajamarca y al oeste con el Mar de Grau. Su relieve es heterogéneo, identificándose planicies costeras de formación desértica como los tablazos y las pampas. Al sur del río Piura, se encuentra la llanura desértica más extensa del Perú y América: Sechura y a 37 m. por debajo del nivel del mar en territorio continental se ubica la fosa de Bayóvar, el punto geográfico más bajo del país (Figura 1).

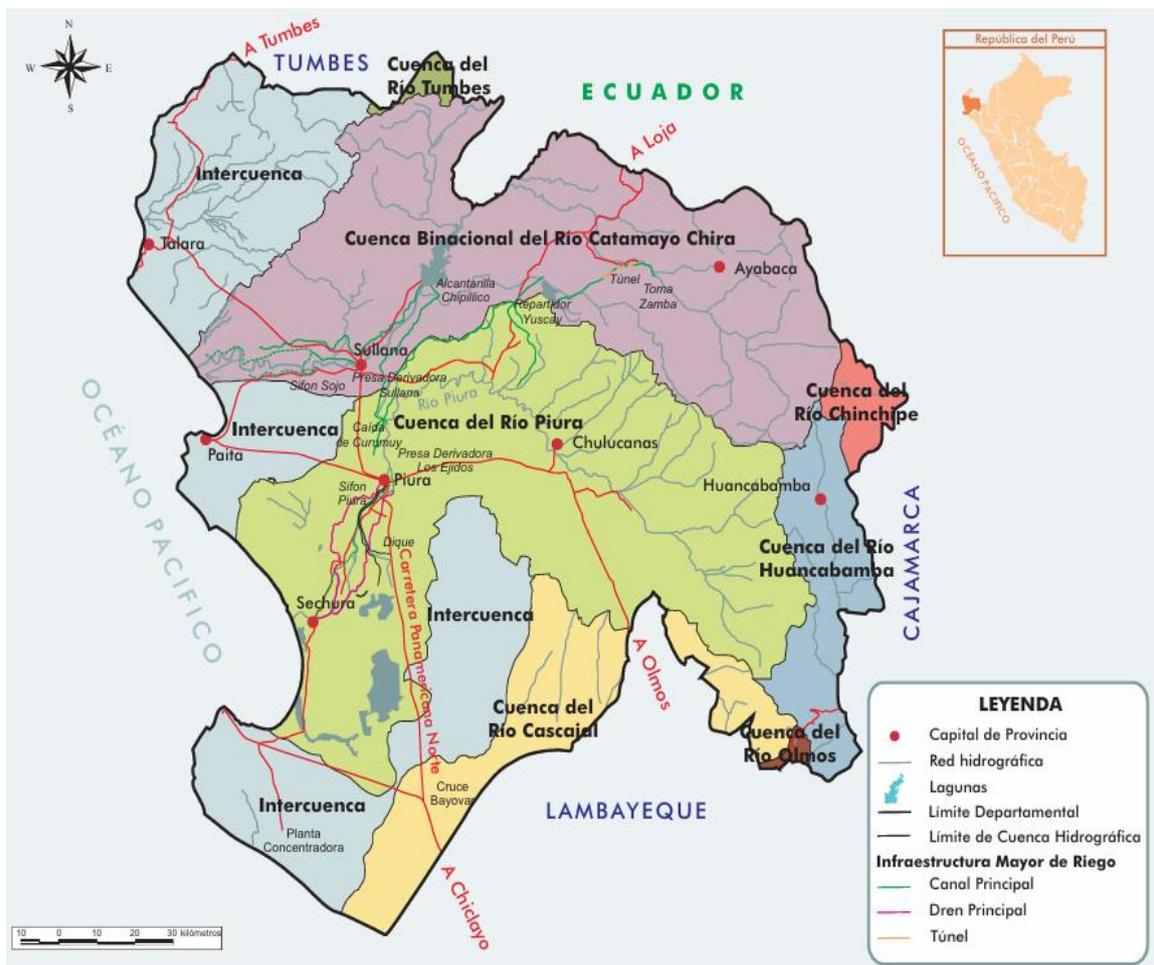


Figura 1. Región Piura, demarcación política, cuencas y relieve asociado. Fuente: (Gobierno Regional de Piura., 2009)

En la costa, la morfología más común, es la quebrada seca que se acciona violentamente cuando ocurren lluvias intensas. Al norte de la región, esta morfología presenta gran profundidad, siendo muy amplias en el centro y sur. Las montañas Huancabamba y sus ramificaciones andinas de baja elevación que forman cadenas de macizos de extremos abruptos, amplios valles interandinos orientados desde la parte norte hacia el sur configuran la zona andina de la cuenca Piura y exhiben elevaciones importantes a los 3967 m.s.n.m (Cerro Negro), a los 3934 m.s.n.m (Cerro Viejo), a los 3900 m.s.n.m (Cerro San Juan Canchiaco), a los 3767 m.s.n.m (Cerro Pan de Azúcar) y a los Cerro 3710 m.s.n.m (cerro la Viuda).

### **1.1 Cuenca Hidrográfica del río Piura**

Esta importante cuenca, presenta especiales atributos como: (i) Un peculiar clima, con temperaturas promedio superior a los 20 °C y períodos húmedos que se alternan con ciclos secos debido a un marcado predominio de la corriente fría de Humboldt; (ii) características fluviales especiales, con escasas o nulas precipitaciones, sin embargo en condiciones extraordinarias (ocurrencia del fenómeno ENOS), pueden superar hasta en 134% la precipitación media anual; (iii) Territorio en su mayor parte en la cuenca media y baja del río Piura con una configuración geomorfológica propia de un desierto que en conjunto conforman un amplio valle con intensa actividad agrícola y ganadera.

La cuenca Piura, tiene su núcleo de origen en el distrito de Huarmaca a 3 600 m.s.n.m en la provincia de Huancabamba. Se ubica entre las líneas de longitud Oeste: 99° 33' - 80° 58', y Latitud Sur: 04° 46' - 05°43' abarcando un área de 1 221 600 ha, donde 641 051 ha (52%) es suelo rocoso y desierto, 409 010 ha (33%) son bosques, pastos cultivados, pastos naturales, matorrales, 166 644 ha (13%) son suelos con aptitud agrícola, y 2 375 ha (2%) son áreas urbanas. Esta importante cuenca cubre el territorio político-administrativo de las provincias de Huancabamba, Morropón, Ayabaca, Piura y Sechura

y 29 distritos. siendo la capacidad de uso de sus tierras 3 589 249.00 ha, de las cuales el 35% corresponden a tierras en los valles costeros y en el páramo interandino, de enorme potencial pecuario, agrícola y forestal. Actualmente se han se han identificado más de 300 000 ha de suelos que deberían destinarse a desarrollar cultivos agroecológicos con fines de exportación. Por otra parte, las tierras eriazas y degradadas se estiman en 172 712.62 ha. Las áreas deforestadas asciende a 543 872.37 ha, asimismo la tasa anual de deforestación es de 18 mil ha y el 25.5% de sus tierras están en la condición de concesión minera (Figura 2)

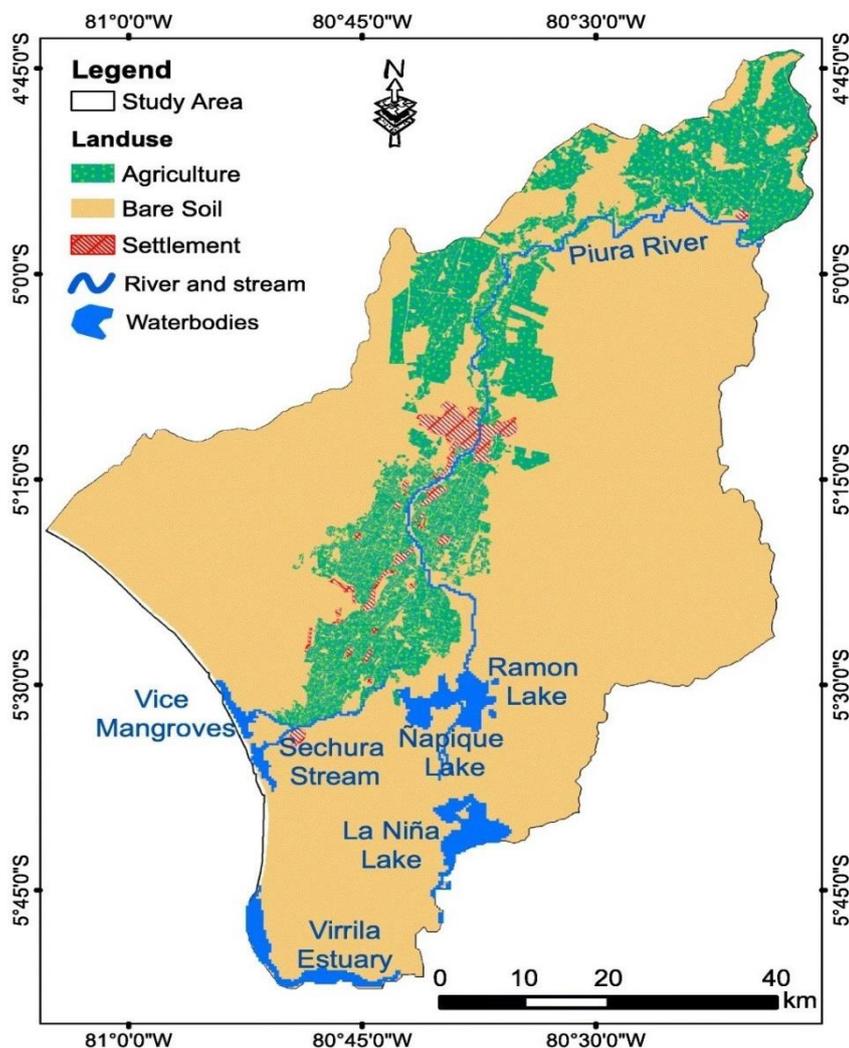


Figura 2. Cuenca Piura y uso de tierras con sus principales cuerpos de agua.  
Nota Fuente, Adaptado de (Velasco & Capilla, 2019)

El área metropolitana de Piura abarca los distritos de Castilla, Piura, Catacaos y Veintiséis de Octubre. Esta área es doblemente vulnerable a los impactos ambientales pues el río es de régimen intermitente, su regular abastecimiento ocurre por trasvase de la Cuenca Chira siendo una amplia área, tierras áridas y desérticas (figura 2). El área agrícola con cultivos de arroz, limón, mango y plátano están amenazados (Aybar et al., 2020).

Las cuencas hidrográficas son sistemas complejos constituidos en la estrecha relación de la naturaleza en un espacio geográfico con la dinámica poblacional y siempre han sido zonas idóneas para plantear el ordenamiento territorial. Es así que, en el 2008, nuestro país da paso a sustanciales reformas de gestión de recursos hídricos, fundando la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y sus entidades descentralizadas, dejando de lado la gestión autónoma de las Cuencas Hidrográficas. Debido a estas vicisitudes, brota la iniciativa de redimir y aprovechar el conocimiento y los aprendizajes ancestrales trabajados en el contexto de la Autoridad Autónoma de la cuenca hidrográfica de la cuenca Piura (ANA, 2017).

## **1.2 Aspectos bióticos de la cuenca Piura**

### **1.2.1. La Cobertura Vegetal**

La flora en la cuenca del río Piura directamente depende de la presencia de agua y de sus diversas condiciones climáticas. En el valle superior existen áreas cubiertas principalmente de Ichu y Satipa; y especies propias de humedales, como Sphagnun y otras. En los pequeños parches de bosque nuboso encontramos las epífitas como flores silvestres (*Tillandsia usneoides*), achupally (*Puya* sp) y algunas orquídeas. Este bosque es una mezcla de árboles, arbustos, flores y pastos, dominados por árboles de gran tamaño como el nogal (*Junglas* sp), palo blanco (*Croton callicarpaefolius*), higuera (*Ficus* sp), suro (*Chusquea* sp), Pajul. (*Erythrina* sp), Lanche (*Myrcianthus rhopaloides*) y otras especies. En la zona intermedia encontramos el bosque caducifolio, poblado

principalmente por especies como ceibo (*Ceiba triquistrandra*), guayacán (*Tabebuia guayacan*), charán (*Caesalpinia pai pai*), frijol (*Lonchocarpus cruentus*), bálsamo (*Miroxylon sp*), polo polo (*Cochlospermum vitifolium*) y frijol (*Phaseolus campestris*), entre muchos otros. En la zona plana denominada “Desierto de Sechura”, existe una flora dominada por algarrobos del género (*Prosopis sp.*), nutrida por la presencia del fenómeno “El Niño”, que ha permitido la regeneración de diversidad de plantas. En las zonas costeras o valles bajos existen comunidades vegetales como hongos y líquenes. En la zona andina encontramos vegetación herbácea, arbustiva y arbórea (caña brava, juncos, etc.).

### **1.2.2. Ecología y Zonas de Vida**

La región Piura, presenta 17 de las 84 áreas de vida registradas para el Perú, que se hallan dispuestas en dos grandes zonas geográficas: la llanura costera y la Cordillera Occidental de los Andes. Estos sectores bióticos son: (i) Matorral Desértico Tropical, (ii) Matorral Desértico Premontano Tropical (iii) Matorral desértico Premontano Tropical (transicional a monte), (iv) Bosque seco tropical, (v) Bosque Seco Premontano Tropical, (vi) Bosque muy Seco Tropical, (vii) Desierto Super Arido Premontano Tropical, (viii) Desierto Super Arido Tropical, (ix) Desierto Desechado Premontano Tropical, (x) Desierto Perárido Premontano Tropical, (xi) Bosque Húmedo Premontano Tropical, (xii) Bosque Húmedo Montano Tropical, (xiii) Bosque Húmedo Montano, (xiv) Bosque Seco Montano Bajo Tropical, (xv) Bosque muy Húmedo Montano Tropical, (xvi) Monte Espinoso Tropical, (xvii) Monte Espinoso Premontano Tropical.

#### **1.2.2.1. El Bosque Seco**

El bosque seco reviste la mayor extensión de la cuenca Piura. Su vegetación natural la conforma el algarrobo (*Prosopis pallida*), sapote (*Caparis angulata*), hualtaco, pinán, ceibo, palo santo, guayaquil, overal, cedro, caoba, palo de balsa y faique; algunas especies como el cedro son muy escasas debido a los procesos de deforestación. El proceso de

talado y quema del bosque con el fin de emplazar áreas de cultivo nuevas, es la principal responsable de la depredación ecológica. Se estima que anualmente se depredan unas 1,825 Ha., de bosque. Especies valiosas de madera han desaparecido, proliferando especies como Ceibo, Frijolillo, Pasallo, que cumplen un importante rol en el sustento de ganado y de amparo de suelos ante la ocurrencia de movimientos de masa y la erosión eólica e hídrica. El bosque seco se encuentra en la parte baja de la cuenca Piura, en colinas cercanas al nivel del mar y hasta los 200 m.s.n.m., como en Cerro Illescas, Bayóvar, Sechura, Sullana y Tambogrande donde encontramos el Matorral (Ma), el Bosque Seco ralo de llanura eólica (Bsrllle) y el Algarrobal Ribereño (Ar). En la zona media de la cuenca entre los 500 y los 1450 m.s.n.m., encontramos: el Bosque seco muy ralo de superficies disectadas (Bsmrsd), en áreas del macizo occidental andino ocupando depósitos eólicos producidos por erosión aluvial y en el lado izquierdo del río Piura entre Morropón y Ñaupe, También encontramos el Bosque seco semidenso de Colinas (Bssec), localizado en colinas del macizo occidental andino, con un característico estrato vegetal de vida efímera que surge en periodos de lluvias. El Bosque seco semidenso de montañas (Bssm), en grandes espacios de la cuenca media alta, en ambos costados del río Piura caracterizado por herbáceas caducifolias, es decir especies que prescindieron de su follaje para contrarrestar la sequía (López Rodríguez & Gallo Ruiz, 2001).

#### ***1.2.2.2. El Páramo en la Cuenca Piura***

El Perú es un espacio bendecido por la naturaleza. Entre sus bellos parajes destacan los páramos, espacios alto andinos despenseros de agua. El páramo andino se distribuye desde las cordilleras de Venezuela, Colombia y Ecuador, hasta la depresión de Huancabamba en el Perú. Es un paisaje dominado por herbáceas y arbustos con lluvias estacionales y lloviznas persistentes en todo el año, así como marcadas fluctuaciones de temperatura. En páramos con relieve de meseta los suelos son profundamente, saturados

e hidromórficos; en los páramos de laderas los suelos son superficiales, como los que predominan en el norte del Perú. La cubierta vegetal del páramo es de herbazales entremezclados con arbustos, de 0,5 a 1,0 m de altura. Este tipo de ecosistemas se sitúan entre los 3000 y los 4500 m. s. n. m, en Piura y Cajamarca, sumando un total de 82 948 Ha., son de vital importancia para el suministro de agua, 40 millones de personas dependemos de ellos. Se ha estimado en la región Piura que, aunque los páramos ocupan sólo el 5% del área de las subcuencas, contribuyen hasta con un 50% del flujo de ríos en la estación seca. Esta caracterizado por la presencia de pajonales, pero con mayor abundancia de arbustos y bosques de altura, debido a su mayor humedad. El páramo es muy húmedo, con alta incidencia de neblinas y suelos anegados, con abundante materia orgánica; en las zonas más escarpadas afloran las rocas (MINAM, 2019).

### ***1.2.2.3. El páramo en el ámbito del cambio climático.***

Los pastizales, en general y específicamente de los páramos, son receptores importantes de carbono, el cambio climático modifica la fenología de los seres vivos y de los vegetales. Factores como la precipitación, la sequía y los disturbios humanos, influyen en el cambio del ciclo del carbono lo cual agrava las consecuencias de cambio climático. Los pastizales cumplen un importante rol en la captura de carbono, lo que resulta vital para evitar o paliar el cambio climático. Esta acumulación de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), se produce por producción de más materia orgánica de la que se descompone. En condiciones normales, las bajas temperaturas y la alta humedad propias del páramo facilitan el depósito de ingentes cantidades de materia orgánica, debido a la ausencia de agentes desintegradores, la no proliferación de procesos de oxidación y la dificultad de descomposición de los pastos. El cambio climático está provocando, aumento de temperaturas, descomposición de la materia orgánica a mayores velocidades por tanto la liberación del carbono transformando al páramo en un emisor de CO<sub>2</sub>. Los ecosistemas

no alterados poseen una mayor resiliencia a los cambios bruscos de las condiciones climáticas siendo capaces de mitigar mejor esta variabilidad debido a que la continuidad de los ecosistemas previene los cambios de su ecología. A modo de comparación, la cobertura vegetal del sur del Perú se encuentra mucho mejor conservada que en el norte, lugar de asentamiento de los páramos. Los procedimientos ecológicos de preservación tradicional de los ecosistemas como el pastoralismo están desapareciendo, siendo fundamental asumir nuevos desafíos de preservación del ecosistema frente al cambio global de clima. En la actualidad, una de las grandes complicaciones de los pastizales en la zona andina es el sobrepastoreo, que acrecienta la fragilidad, escorrentía y erosión del suelo (Sabogal-Dunin-Borkowski, 2023).

### **1.2.3. Características de la Cobertura Vegetal en la Cuenca Baja**

La zona baja de la cuenca posee suelos y clima apropiados para el desarrollo extensos cultivos, los cuales, a excepción del arroz, demandan bajos patrones de riego, en este ámbito tenemos el desarrollo de algodón (11 000 Há), arroz (13 200 Há), sembrado por trasplante; maíz amarillo duro (2 000 Há); menestras (250 Há), entre otros. Las especies nativas del bosque como el algarrobo, zapote, vichayo y faique, son fuente de subsistencia de las familias que ocupa la cuenca baja y que desarrollan actividades productivas como la crianza de ganado vacuno y caprino, comercialización de leña y carbón y desarrollan actividades apícolas en un estimado de 2 000 colmenas conducidas empresarialmente para la producción de miel, polen y cera. El fenómeno El Niño favorece la cobertura vegetal, y representa una gran posibilidad para la regeneración natural del bosque, nuevas fuentes de ingresos para las familias por la venta de algarrobo y producción de derivados de la leche. A su vez, la humedad generada en el suelo permite la instalación de cultivos de pan llevar frijoles, zarandajas, sandías, maíz, etc.

#### ***1.2.3.1. Los humedales***

La cuenca baja en la provincia de Sechura, alberga los humedales más importantes de la región, los cuales están amenazados por el cambio climático, el acelerado drenaje de sus acuíferos, la contaminación y la sobreexplotación de sus recursos. Ecológicamente, los humedales contribuyen con un gran porcentaje de la productividad biológica y son un punto crítico en la regulación de los recursos hídricos. En la cuenca baja se puede mencionar a los siguientes humedales: (i) Estuario Virrilá: a 33 Km. al sur de la capital provincial en el distrito de Sechura, originado por el ingreso de las aguas del mar hacia el continente, en un área de 2 738 Há; (ii) Manglares de San Pedro: en el distrito de Vice a 7.2 Km. de la capital provincial en un área de 424 Há., lugar donde la combinación de agua dulce y salada permite la proliferación del mangle, también de espacios propicios para el descanso y anidamiento de aves migratorias y la presencia de cangrejos, conchas y langostinos; (iii) Lagunas de Ramón y Ñapique: generadas por el río Piura el cual vierte aguas a la laguna Ramón y esta a su vez vierte aguas a la laguna Ñapique, en el distrito de Cristo Nos Valga. En ocurrencia del fenómeno El Niño ambas lagunas se unen, debido a intensas lluvias llegando al límite con la región Lambayeque al formar el gran lago La Niña o Sechura; (iv) El Macizo de Illescas y el litoral marino costero: estos humedales formados por remanentes de la cordillera de la costa, rodeados por el mar en el Oeste y por el desierto en el Este; su singular valor hidrológico la caracteriza pues su sistema de canales naturales que proveen de agua dulce a la parte baja del macizo.

#### **1.2.4. Cobertura Vegetal en la Zona Media de la Cuenca.**

La zona media de la cuenca Piura, alberga una rica cobertura vegetal conformada por extensas áreas de bosques, cultivos bajo riego y pastos naturales. Las áreas de bosque se concentran en Yapatera, Comunidad campesina Nacho Távara, Chulucanas, Tambogrande, Salitral, La Alberca y parte de la subcuenca La Gallega. Se estima que son más de 240000 Has. de vegetación y pastos naturales.

El bosque, llamado así por la predominancia de árboles de porte alto que proporcionan sombra, y protegen el suelo de la erosión, produce abundante algarroba, complementado por pastos naturales, los cuales prosperan vigorosamente en épocas lluviosas.

#### Sistemas de Producción Agrícola

En general se puede mencionar la existencia de plantaciones de mango, limón, papaya, arroz, maíz, etc., en 35 209 Há., y cultivos transitorios instalados después de los cultivos permanentes: aquí mencionamos a las Menestras: instaladas en Salitral (15 Há), 6,500 Há. consideradas en este grupo el frijol castilla, frijol de palo, zarandaja, pallar baby y soya. Esta zona presenta un rendimiento promedio en frutales de 8 000 kilos/Ha acentuado la diversidad y abundancia de frutales como el mango, limón, papaya, plátano, y otros. Son aproximadamente 850 hectáreas cultivadas de frutales, de estas 100 se encuentran cultivadas en San Juan de Bigote, 100 en Salitral, 200 en Buenos Aires, 150 en Morropón, 250 en La Matanza y 50 en Chulucanas

#### **1.2.5. Cobertura Vegetal en la Zona Alta de la Cuenca**

En la zona alta, la cubierta vegetal es variada, se desarrolla de acuerdo a la naturaleza propia de los pisos ecológicos, podemos encontrar bosques secos, arbustos adaptados a tierras pobres y sometidos a prolongados periodos de sequías, campos agrícolas cultivados con técnicas agroforestales y sistemas silvopastoriles, árboles destinados a madera que están adaptados a temperaturas bajas y temporales fuertes e intensos vientos, variedad de plantas medicinales y plantaciones frutales y nativas. Es importante señalar que la quinta parte de su territorio es bosque, la mitad es ocupada por cultivos y la tercera parte es terreno sin cubierta de vegetación con tierra muy pobres. En la zona Chala destaca: el algarrobo (*Prosopis* sp), el palo santo (*Bursera graveolens*), el charán (*Caesalpinia corimbosa*), pasayo (*Bombax discolor*), frijolillo (*Erytrina* sp), el cerezo (*Guazuma* sp) etc. En la región Yunga: la chirimoya (*Annona cherimolia*), el mashuque

(*Carica candicans*), el piñán, la hualtaco, etc. En la región quechua: el nogal (*Juglans* sp), el pajul (*Erythrina* sp.), el paltón, el palo colorado, el higuerón, el palo blanco, etc. En la quechua alta destaca el ciruelo, el aliso (*Alnus jorulensis*), quinahuiro (*Polilepys*), el tarwi (*Lupinus*), y variedad de plantas medicinales silvestres. También hallamos otras tipologías de plantas no explotados comercialmente como la mora, el chicope, el toronche, el arrayán, la sábila, el eucalipto, el culén, la hierba santa, la achicoria, etc.

### **1.2.6. Cultivos**

En los extensos valles se labran gramíneas, tubérculos y cultivos industriales como caña de azúcar, café, trigo, caña de Guayaquil, también se siembra naranja, mango, limón, cacao, lúcuma, granadilla, chirimoya, guanábana, mamey y cultivos temporales como arroz y maíz amarillo; destinados en su mayor parte a mercados internos y externos.

Los productores de caña y café, están organizados en sociedades de pequeños productores, parte de la Cepicafé; estructura que congrega a productores de caña y café de Ayabaca, Huancabamba y Morropón, existiendo otras organizaciones. La asistencia técnica la brinda distintas ONGs y la institución estatal Pronamachos, que capacita a las familias en reforestación, conservación de suelos y manejo de cultivos andinos. Ciertos gobiernos locales como Santo Domingo, Yamango, Frías y Chalaco; tienen equipos técnicos que efectúan propuestas agropecuarias las cuales son parte de sus planes estratégicos de progreso.

### **1.2.7. Gestión del Bosque**

Las áreas forestales se hallan en manos de comunidades campesinas o Empresas Comunales de Servicios Agropecuarios, quienes deciden el uso de los recursos del bosque. La institucionalidad en este sentido ha sido y es frágil al carecer de instrumentos efectivos para la fiscalización y el control del uso de los recursos del bosque. El desconocimiento de la real potencialidad forestal y la falta de inventarios forestales

facilita la depredación pues cada comunero o privado extrae de acuerdo a su capacidad de corte, es por eso que hoy en día las especies valiosas van desapareciendo. Cuando se cortan estos árboles no se toma en cuenta la edad de las especies y son eliminados tanto los árboles pequeños como los grandes. Las familias que viven en las zonas de bosque talan los árboles con fines comerciales como la venta de leña, comercialización de carbón, venta de madera para artesanía con el fin de instalar sembríos temporales destinados a su subsistencia. La problemática del bosque, la cual se expresa en desorden en la ocupación del suelo, tala de especies valiosas y desobediencia a las normas existentes de protección de especies forestales.

La reforestación o reposición de especies forestales en el bosque no es una práctica desarrollada por las familias, por lo que cada vez las áreas deforestadas aumentan; las especies taladas no se regeneran fácilmente y su crecimiento es lento acentuándose éste debido a la escasez de agua y poca importancia que se da a este potencial.

El deterioro de los suelos va unida a la necesidad de ampliar la frontera agrícola, cada año se talan y se queman grandes áreas de bosques primarios o secundarios. Esta acción facilita la erosión del suelo e impide la retención de agua. Esta forma irracional en el manejo de los bosques propicia la extinción de la fauna y la pérdida de la biodiversidad. En conclusión, el manejo y control de la flora y fauna, está regida por el desconocimiento normativo vigente tratándose de manera aislada y descoordinada. El control ecológico nunca llega a las familias que depredan el bosque, las cuales reciben muy poca capacitación para mejorar su desempeño. Este desorden reafirma la corrupción de autoridades y la debilidad de las instituciones vinculadas al manejo de los recursos naturales. No existe la organización. Sólo algunos apicultores lo están con fines de comercialización de los productos de la apicultura. Adicionalmente, es necesario agregar que existe escasa investigación por lo que, no se conoce a profundidad el real situación y

potencial que poseen los bosques en la cuenca Piura. Es necesario, (i) Implementar planes de manejo del bosque seco, (ii) Identificar y declarar zonas intangibles (iii) Efectuar un plan de reforestación y protección de suelos, (iv) Elaborar planes curriculares focalizados en el bosque, (v) Promover el uso de energías renovables, (vi) Educación de calidad para la población sobre el manejo de los recursos naturales, (vii) Promover la no quema de rastrojos vegetales, (viii) Promoción de la agricultura ecológica, (ix) Empezar campañas de arborización y Tratamiento de residuos sólidos

### **1.2.8. Fauna**

La fauna en la cuenca del Río Piura es muy diversificada, varía de acuerdo con el piso ecológico y guarda relación con la existencia de vegetación y la disponibilidad de fuentes de agua. Muchas veces el comportamiento de la fauna es relacionado con el clima, la sanidad de los animales, la producción y eventos tristes o alegres en las comunidades.

#### ***1.2.8.1. En el área costera***

A lo largo de las riberas de los ríos y áreas aledañas se hallan reptiles a ambos lados. Entre los reptiles se encuentra la iguana (*Callopietes flavopunctatus*), el Pacaso (Iguana iguana), Macanche (*Bothrops barnetti*) y Colambo (*Boa constrictor*), etc. En la zona distante de las riberas de los ríos y lagunas, existen otras especies como la Ardilla de nuca blanca (*Sciurus stramineus*) y el Zorro de Sechura (*Dusicyon sechurae*). Entre las aves tenemos la Paloma o Cuculí (*Zenaida asiática*), Tórtola (*Eupelia cruziana*), Chilalo (*Furnarius leucopus*), Soña (*Mimous longicaudatus*), Peche (*Pezites militaris*), Gallinazo (*Coragyps atratus*), Negro (*Dives dives*), Loro Sordo (*Brotegeris pyrhopterus*) y Huerequeque (*Borhinus superciliaris*). En la zona media de la cuenca, desde el fondo de los valles hacia las laderas existen roedores, zorros, aves silvestres y ofidios. Existe mucha similitud entre la fauna de la zona media y la zona baja, sin embargo, podemos decir que por el tipo de vegetación en la zona media predominan los reptiles pequeños como los Pacasos que gustan trepar a los grandes árboles, las lagartijas que comen a los algarrobos pequeños y las aves como las Palomas, Negros, Chilalos Chirocas y loros que consumen a las frutas. Los productores de maíz, por ejemplo, deben poner trampas o pagar a un pajarero para ahuyentar a los loros en tiempo de cosecha. En la zona alta existe diversidad de especies de fauna silvestre como los ofidios, venados, sajinos, perdices, conejos, añaz, osos hormigueros, etc. En las quebradas se encuentran los cangrejos, negras, mojarra y choquecos. En las montañas más altas e inaccesibles se encuentran los buitres, cóndores y gavilanes; hay abundancia de aves en tiempo de cosechas y diversidad de insectos y mariposas. En algunas zonas de Huarmaca, es posible encontrar la Pava Aliblanca (*Penélope albipennis*). La fauna del páramo es de origen amazónico, con elementos del hemisferio norte, son animales que han migrado a la zona; entre ellos, tenemos: El tapir del páramo o pinchaque o gran bestia (*Tapirus pinchaque*), un tapir adaptado al clima a frío y con un pelambre lanoso. Esta especie es muy rara y una de las más amenazadas; el

Conejo Silvestre (*Sylvilagus brasiliensis*), el Venado Colorado del páramo (*Mazama rufina*), la Pava Aliblanca (*Penelope albipennis*), es un ave del tamaño de una gallina grande de color marrón oscuro; con el dorso, las alas y la cola de color negro brillante, tiene una pequeña cresta y sus plumas son blancas. El cuello es de color anaranjado rojizo. Como todas las pavas de monte tiene un vuelo pesado y hace un fuerte ruido al volar. Realiza vuelos cortos entre los árboles.

### **1.2.9. Producción Agropecuaria en la Cuenca del Río Piura**

La cuenca del río Piura, está conformada por 28 971 Ha de cultivos permanentes: cocotero, limón, mango, naranja, palto, cacao, café, lúcuma y otros, 9 100 Ha de cultivos semipermanentes: maracuyá, tuna, granadilla, papayo, espárrago, caña de azúcar, alfalfa y pasto elefante. 70 896 Ha. de cultivos transitorios: arroz cáscara, maíz amarillo duro, maíz amiláceo, maíz choclo, trigo, algodón, arveja frijol, yuca, marigold, etc.

### **1.2.10. Practicas inadecuadas de manejo de ganado y pasturas**

Las praderas son sobre explotadas por la cantidad de animales que se disponen por área. Se estima que, en el ámbito de Piura, se talan anualmente unas 8 000 hectáreas, de éstas, unas 5 000 hectáreas son el medio Piura, zona media de la cuenca.

La sanidad animal es alterada especialmente cuando se dan periodos de fenómeno El Niño y se da básicamente debido a la incidencia carbunco sintomático, tupe y otras enfermedades parasitarias. Cuando ocurren años secos y escasea el pasto, las familias hacen sacas forzadas, es decir venden sus animales.

#### ***1.2.10.1. Caza de la fauna silvestre y acuícola.***

Al igual que las plantas del bosque, la fauna silvestre también está siendo depredada, aunque no existen estudios específicos sobre su potencial, cada vez, es más difícil observar las especies de fauna en el bosque, debido a la caza indiscriminada o porque cada vez se adentran más en el bosque para asegurar su supervivencia. Los más escaso de

observar son los sajinos, venados, aves, los zorros y las ardillas. Las aves ornamentales son vendidas en la ciudad; y la caza acuícola en algunos lugares se desarrolla con dinamita en el río donde generalmente se forman pozas o pequeñas lagunas, contaminando de esta manera las fuentes de agua.

### **1.2.11. Ganadería**

Es el rubro de la producción que congrega a los ganaderos para mantener la sanidad en el ganado principalmente vacuno y en busca del mejoramiento del mismo, este interés hace que se organicen en asociaciones de pequeños ganaderos, de las cuales en la cuenca se cuentan varias: Lalaquíz, Santo Domingo, entre otras. El 80 % de las crianzas son extensivas; se cultivan grandes extensiones de pasturas naturales como el Nudillo, Paja Granadina, Kikuyo y Paja Chilena; pastos cultivados como el Pasto Elefante, Taiwán, Pannicum, Kudzú y Brachiaria. Aprovechando las posibilidades de desarrollo que presenta el bosque, las familias han logrado promover las crianzas de aproximadamente 152 806 vacunos, 73 033 ovinos, 154 573 porcinos, 114 098 aves y 387 000 cabezas de ganado caprino criollo y de lana, en algunas zonas cruzados con ovinos de pelo. Los hatos de caprinos criollos están compuestos por 50 a más animales. Las comunidades que disponen de ganado caprino y ovino criollos y de lana, son las comunidades de Sancor, Malingas Alto, y Pabur comunidad campesina Nacho Távara. La crianza del ganado es extensiva, la alimentación está basada en pastos naturales y rastrojos; son pocos los agricultores que cuentan con pastos cultivados bajo riego. En algunas zonas se puede encontrar ganado Criollo y cruces con Cebuinos y Brown Swiss. Las familias que viven en el bosque han logrado desarrollar la pequeña industria casera, a base de la leche de cabra la cual les permite producir quesillos; la apicultura, es otra de sus fuentes de ingresos.

### **1.2.12. Contaminación del medio ambiente**

La actividad minera aún no se viene desarrollando en la zona media, sin embargo, en los distritos de La Matanza, Chulucanas, Tambogrande, Castilla y Salitral existen denuncias que no son conocidos por la población y que constituyen un riesgo para la estabilidad social y las zonas de vida que allí se desarrollan. Las alteraciones en el curso de las aguas superficiales y los cambios que se pudieran generar en las aguas subterráneas generan el riesgo para que la calidad de este recurso se vea magníficamente alterada y en consecuencia sea afectada su disponibilidad para las personas, los cultivos y los animales. Las extensas áreas de bosques en la zona media de la cuenca contribuyen a mantener las condiciones climáticas de Piura: temperaturas, precipitaciones y los vientos, cualidad que tiende a desaparecer si se optara por la opción de realizar explotaciones mineras en la zona.

La pobreza, el crecimiento poblacional y la deficiente calidad educativa, son problemas que obligan a las familias a ejercer una mayor presión sobre los recursos naturales especialmente los forestales. La desertización, es un proceso que se podría dar en los bosques secos de Piura en el corto tiempo, si se continúan dando los inadecuados manejos como el sobre pastoreo, la extracción excesiva de leña y madera, la eliminación de especies forestales valiosas y la tala del bosque para la instalación de cultivos temporales. Este proceso, a su vez, podría, en el futuro, provocar cambios en las condiciones de clima en la zona, como menor retención de agua para los acuíferos, erosión de suelos y cambios en las frecuencias de lluvias. La presión sobre los recursos del bosque pone en riesgo la existencia de especies como la pava aliblanca, zorros, chirocas, pavillas, osos de anteojos, ruiseñores y otros que cada vez son más escasos. Según los participantes en los talleres

de la zona media, en Tambogrande al igual que en San Juan de Bigote, existe el riesgo de extinción de venados, pumas, sajinos y leones.

#### Potencialidades Sector Potencialidad Producción

- Condiciones climáticas apropiadas para el desarrollo de cultivos
- Plantas de tratamiento hidrotérmico para procesamiento del mango y plantas de producción de aceite de limón.
- Producción de frutas tropicales como el mango, genera ingresos para las familias
- Cosecha de limón durante todo el año
- Producción y venta de cerámica, artesanía, polen y jalea real
- Producción y exportación de miel
- Producción de derivados de la algarroba: algarrobina, algarroba tostada y molida, galletas, harinas, caramelos
- Producción y comercialización de plátano orgánico
- Incremento de las áreas instaladas de plátano
- Disponibilidad de rastrojos e insumos para la alimentación del ganado
- Amplias áreas de pasturas naturales, aprox. 233 000 hectáreas ubicadas en Comunidad Campesina Nacho Távora, Pabur, Malingas, Sancor y Buenos Aires.

#### **1.2.13. Pequeña industria**

La mayor parte de las familias de la sierra tienen por costumbre elaborar quesos para su autoconsumo y algunas veces para vender en la misma zona. Esta pequeña industria casera y artesanal desarrollada por las mujeres es una opción para aprovechar la leche de las vacas, la cual generalmente no se consume en estado fresco.

##### ***1.2.13.1. Débil organización de los productores.***

Las familias productoras se encuentran organizadas pero sus organizaciones son débiles y no tienen objetivos claros de trabajo, por eso se debilitan fácilmente. La organización es vista como el requisito para cambiar inmediatamente condiciones de vulnerabilidad y carencias, no es vista como un proceso que se fortalece en el camino y cuyos frutos se dan en el largo plazo. Como consecuencia se tiene que los productores venden sus productos aisladamente y siempre es el intermediario quien fija los precios, se produce una gama de productos, algunos de ellos sin mercado asegurado: maíz, frijoles, cañazo, papa, trigo, entre otros. La debilidad en la organización y su informalidad tributaria limita la posibilidad de ofertar sus productos a Gobiernos Locales o programas sociales.

Un cultivo que merece atención especial es la caña de Guayaquil, cultivo muy productivo y con el que cuentan la mayoría de las familias; éste es adquirido en carretera del caserío por compradores de la zona baja de la cuenca, quienes viajan con movilidad y compran las cañas seleccionadas y a muy bajo precio. La desorganización limita también el servicio de asistencia técnica a las familias, pues, para las instituciones que brindan este servicio, es más productivo capacitar a un grupo de personas que a productores individuales que trabajan aisladamente.

#### **1.2.14. Minifundios**

La micro parcelación de los terrenos agrícolas no permite una especialización en la producción, las familias tienen una propiedad de 1.5 - 2 Has. en promedio. Esta área, generalmente se encuentra dividida en dos o más parcelas donde cultivan diversos productos: pastos, caña de azúcar, café, cultivos de pan llevar, etc. Desde esta perspectiva, la oferta de productos que se pueda hacer al mercado es reducida y el acceso al crédito es nulo.

Deficiente comercialización

En la zona alta a pesar de haber buena producción de frutales como la granadilla, naranja, guanábana y lima, ésta no beneficia económicamente a las familias pues los precios que se pagan son muy bajos y la cantidad disponible por agricultor no justificaría gastos de comercialización fuera de su zona. La información comercial sobre precios, mercados y estándares de calidad es muy deficiente y generalmente se conoce por personas que llegan de la costa.

#### Pérdida de cultivos

Cuando se presentan condiciones climáticas adversas expresadas en lluvias intensas o periodos prolongados de sequías está en riesgo la producción de cultivos permanentes y transitorios, pues la floración es afectada por las condiciones climáticas, además la aparición e incremento de enfermedades en cultivos y ganado es más frecuente.

## II. CAPÍTULO II: Características de la cuenca Piura

### 2.1 Caracterización Medioambiental

El Perú es considerado como uno de los 12 países con mayor biodiversidad en el mundo, en especial en su zona noroeste, concentrando aproximadamente el 70% de la diversidad biológica mundial. Las características biológicas de la Cuenca del Río Piura, han sido estudiadas de manera detallada por Antonio Brack quien concluye que existen seis zonas de vida (Ecorregiones) de las once establecidas en todo el país, aunque otros autores sostienen que esta importante región posee 31 zonas de vida distribuidas en cinco pisos altitudinales con flora y fauna características, muchas de las cuales se encuentran en estado crítico y vulnerable. De estas 31 zonas de vida reconocidas en el ámbito continental, se considera de especial cuidado y protección la zona de páramos, dado el rol que cumple como reguladora de la generación de agua en la zona andina y en la zona marino-costera, donde se reconocen seis zonas de vida (Figura N° 3).

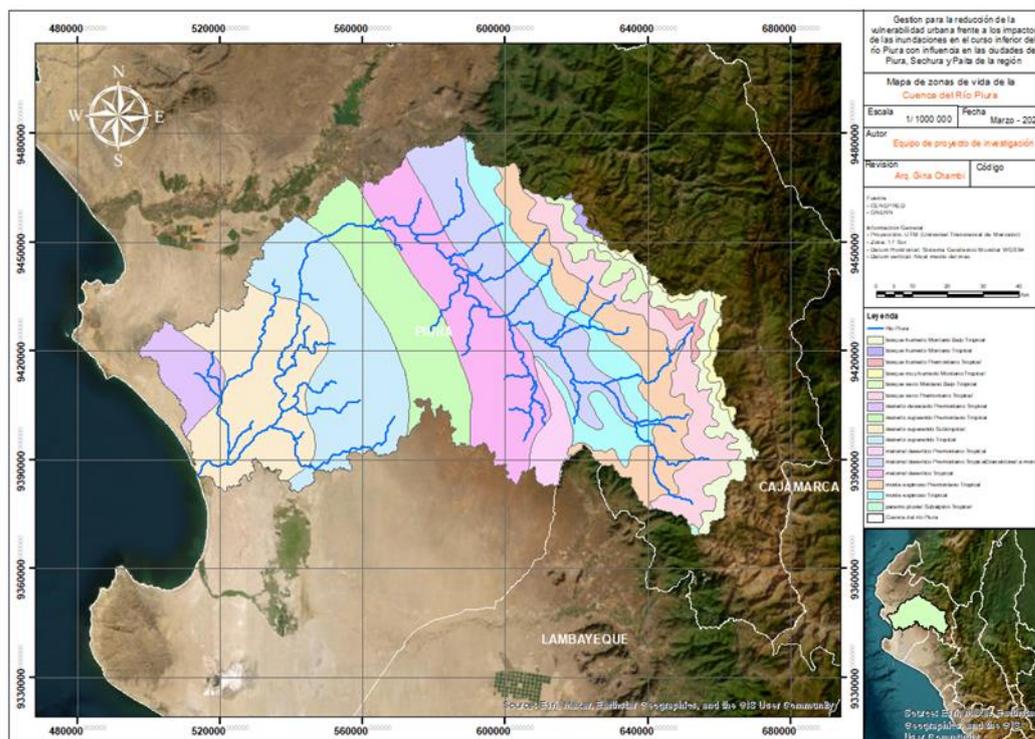


Figura 3. Mapa zonas de vida de la cuenca del río Piura.

La dinámica de los ecosistemas regidos por el clima en las zonas de vida muestra una variedad de especies, una diversidad biológica que se encuentra amenazada por las diferentes actividades que se realizan en el territorio sin el suficiente control como la deforestación, el drenaje, el mal manejo de los suelos que aumenta la salinidad hasta llegar a procesos de desertificación. Las coberturas y la evolución histórica de los usos de los suelos son insumos para analizar los peligros pues inciden en el comportamiento hidrológico de la cuenca. Las siguientes características bióticas facilitaron la identificación de medidas de adaptación al cambio climático:

- Piura tiene una gran complejidad vegetal y edáfica; en sus llanuras desérticas, semidesérticas y aluviales con bosques lluviosos, y paisajes colinosos y montañosos (MINAM, 2015).
- La mayor parte de la cuenca está ocupada por bosque seco tipo sabana (40%), agricultura costera y andina (30%) y bosque seco de montaña (17%).
- La influencia del Proyecto Especial Chira-Piura y la extracción de agua subterránea han permitido el desarrollo agrícola.
- El Gobierno regional adelanta algunas iniciativas de reforestación y delimitación de áreas naturales protegidas para la conservación de los ecosistemas y su conectividad.
- En el área metropolitana se mezclan áreas agrícolas (48%), bosques secos (32%), área urbana (18,8%) y cuerpos de agua (1,2%).

De los ecosistemas más importantes de la Provincia de Piura, destaca el Humedal Costero Santa Julia que, en el 2019, mediante la Resolución de Dirección Ejecutiva N° 072-2019-MINAGRI SERFOR-DE, es incorporado a la “Lista Sectorial de Ecosistemas Frágiles” destacando así este ecosistema como un sitio de importancia a nivel nacional.

## 2.2 Zonificación Ecológica.

La región Piura, reporta 16 de las 84 zonas de vida reconocidas en el Perú, las cuales se encuentran distribuidas en dos grandes espacios geográficos: la llanura costera y la Cordillera Occidental de los Andes (Tabla 1).

Tabla 1.

Zonas de vida de la región Piura

ZONAS DE VIDA	SÍMBOLO	ÁREA (Km <sup>2</sup> )
Bosque húmedo Montano Bajo Tropical	bh - MBT	12 018.68
Bosque húmedo Montano Tropical	bh - MT	18 474.92
Bosque húmedo Premontano Tropical	bh - PT	11 915.15
Bosque muy húmedo Montano Tropical	bmh - MT	14 614.26
Bosque seco Montano Bajo Tropical	bs - MBT	12 451.61
Bosque seco Premontano Tropical	bs - PT	11 328.22
Desierto desecado Premontano Tropical	dd - PT	11 428.75
Desierto superárido Premontano Tropical	ds - PT	6 828.4
Desierto superárido Subtropical	ds - sT	24 254.64
Desierto superárido Tropical	ds - T	5 892.51
Matorral desértico Premontano Tropical	md - PT	5 540.81
Matorral desértico Premontano Tropical (transicional a monte)	md - PT-v	6 356.88
Matorral desértico Tropical	md - T	6 762.07
Monte espinoso Premontano Tropical	mte - PT	6 887.25
Monte espinoso Tropical	mte - T	4 320.22
Páramo pluvial Subalpino Tropical	pp-SaT	23 752.03

Fuente: Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales – ONERN

Conceptualmente, se debe tener en cuenta que según el Convenio sobre la Diversidad Biológica – CDB (Naciones Unidas, 1992), un ecosistema es “un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y microorganismos que interactúan con su medio abiótico como una unidad funcional”. Para Brack (1986), las ‘ecorregiones’ en Perú se

definen como “áreas geográficas con condiciones climáticas, hidrológicas, florísticas y faunísticas, en estrecha interdependencia y perfectamente delimitables con utilidad práctica”. Este último concepto se acerca al de Sistemas Ecológicos, planteados por la teoría de Margalef (1983), quien considera que los ecosistemas están compuestos de diferentes elementos integrados en el paisaje y el tiempo. Es decir que elementos naturales como el relieve, clima, ríos, suelos, plantas, animales y los seres humanos son vinculados por relaciones de interdependencia mutua. En este sentido se menciona a las siguientes ecorregiones presentes en la región Piura.

### **2.2.1. Mar Tropical:**

Al norte de Bayóvar se considera mar tropical, presenta una corriente tibia generadora de lluvias en Tumbes y Piura. Se ubica mar adentro y abarca cerca de 51 mil ha. Es el habitat de especies como el ‘atún’, ‘espada’, ‘congrío’, ‘mero’, ‘perela’, ‘doncella’, ‘tiburón tipo *Mustelus* y *Triakis*’, entre otras. Esta zona también es lugar de alimentación de tortugas y cetáceos migrantes. Además, entre julio y octubre, se convierte en área de avistamiento de gigantescas ballenas jorobadas, uno de los más grandes espectáculos de la naturaleza, su ubicación sería 40 millas de la costa de Máncora 3° 24’ 00’’ S 81° 24’ 00’’ W. El Mar Tropical de Grau es pieza clave del boom gastronómico que vive el Perú, ya que provee un alto porcentaje de la pesca que consumen los peruanos siendo fuente de ingresos para más de 15 mil familias que se dedican a la pesca artesanal (Actualidad Ambiental, s.f.).

### **2.2.2. Mar Frío:**

Al sur de Bayóvar se considera mar frío por influencia de la corriente de Humboldt, la cual elimina las lluvias en la costa y crea una fuerte neblina en el invierno. La ecorregión marina conocida como el Mar Frío de la Corriente Peruana se extiende desde el centro de Chile hasta los 5° de latitud sur en Piura. Esta zona es célebre por su extraordinaria biodiversidad, incluyendo más de 600 especies de peces y 26 especies de cetáceos, entre

ellos varios tipos de delfines. Es un área de vital importancia para la reproducción de especies marinas como las ballenas, los cachalotes y los pinnípedos, comúnmente conocidos como gatos marinos. La alta productividad biológica de esta ecorregión se debe al fenómeno del afloramiento, que consiste en el ascenso de aguas profundas ricas en nutrientes hacia la superficie, proporcionando el sustento necesario para una amplia gama de organismos marinos. Este proceso convierte al Mar Frío de la Corriente Peruana en uno de los ecosistemas marinos más productivos del mundo y esencial para la conservación de la biodiversidad acuática (cards algoreducation, s.f.).

### **2.2.3. Desierto y Lomas Costeras**

Conformado por una gran franja de desierto con dunas y colinas que rara vez alcanza más de 700 m de altura interrumpidas por el fértil Valle de Piura y Chira, el clima es tibio en verano y húmedo en invierno. La definición de desierto no es absoluta pero el factor común, clave y determinante que lo caracteriza es la aridez o la falta de precipitaciones abundantes y constantes, generalmente definidas como menores a 250 mm de precipitación anual. (Ministerio del Ambiente, 2021). La ecorregión del desierto de Sechura constituye una franja costera que se extiende desde Piura a Tacna (5° a 18° Latitud Sur), entre el Océano Pacífico y el Cordillera de los Andes y es una de las regiones más secas del mundo. La porción más amplia y característica de este desierto se extiende entre el suroeste de Piura y noroeste de Lambayeque. En esta zona el desierto de Sechura presenta una longitud máxima de unos 150 km de norte a sur y unos 100 km de este a oeste, con una extensión aproximada de 5 000 km<sup>2</sup>. El verano es cálido y soleado, con temperaturas promedio de 24° C, con rangos de 25° a 38°. El invierno es frío y nublado, con temperaturas que varían de 16° C durante la noche a 24° C durante el día. La precipitación promedio al año es de 50 mm y el promedio de evapotranspiración potencial total por año varía entre 16 y 32 veces la precipitación. La principal razón para limitar la presencia de

lluvias en el desierto de Sechura es la presencia de la corriente del mar frío de Humboldt que recorre frente a Chile y Perú. La compleja interacción entre la atmósfera y el océano, favorecida a su vez por el movimiento de rotación terrestre y la presencia de los vientos Alisios, generan esta corriente marina formada por el afloramiento (up-welling) de aguas frías y profundas hacia la superficie. Las masas de aire que pasan encima de esta agua fría consecuentemente también se enfrían y sus capacidades para producir evapotranspiración se reducen y por ende también la condensación y precipitación. Otra razón que favorece la aridez es la presencia de la cadena de los Andes al este, que bloquean el flujo de los vientos con humedad de la lluvia amazónica. A pesar de ser uno de los desiertos más áridos del mundo, el Desierto de Sechura, de manera permanente o estacional, se constituye en el hábitat para una importante y singular biota, cuya presencia y abundancia se debe principalmente a los siguientes factores: la historia geomorfológica y climática, la influencia de la corriente de Humboldt, el aporte intermitente de agua dulce hacia el desierto y las adaptaciones de la flora y fauna al desierto (Ministerio del Ambiente, 2021).

#### **2.2.4. Bosque Seco Ecuatorial**

Comprende la mayor área de la cuenca. Presenta un clima tibio y bajas precipitaciones. En un análisis comparativo de cobertura de bosques en todo el mundo, el Perú se ubica entre los diez (10) países con mayor área geográfica de bosques y cuarto lugar en área de bosques tropicales (FAO, 2020). En América Latina, se encuentra en la segunda posición de país con mayor cobertura forestal. Por ejemplo, a nivel mundial, un área determinada de bosques primarios tropicales, en 20 años de datos históricos muestran pocos signos de progreso hacia la reducción de la deforestación o degradación forestal, lo cual genera también una importante reducción o extinción de biodiversidad en general (SERFOR, 2021). La información y base de datos actualizada sobre bosques del mundo es esencial

para tomar decisiones sobre cómo gestionar y proteger los bosques, y los datos transparentes son fundamentales para que las organizaciones gubernamentales, el sector privado, los organismos no gubernamentales, entre otros; comuniquen a la sociedad del impacto que se estaría generando en los bosques.

En el Perú, el Programa de Bosques del MINAM implementó GEOBOSQUES, una plataforma de monitoreo de cambios sobre cobertura de bosques (MINAM, 2021a). Tomando como línea base al 2018, realizó el primer mapeo oficial de bosques secos estacionarios en la costa norte del Perú que representan el 4,7 % del patrimonio forestal en el Perú, específicamente en los departamentos de Lambayeque, Piura y Tumbes, determinando que el área de bosque estacionalmente seco, en el año 2018, de: 2 376 055 ha (MINAM, 2018). El 2022, se podrá realizar un servicio de monitoreo y vigilancia en la medición de la dinámica de cobertura espacial de bosques secos, con una sistematización de reportes anuales (MINAM, 2021c).

De manera oficial, en enero de 2021 el MINAM y el PNCBMCC, con la participación de los actores mencionados anteriormente, formularon una línea base de los bosques secos de la costa norte del Perú al 2018, brindando con ello, la posibilidad de contar con información pública oficial y actualizada proveniente del monitoreo de bosques, tanto en cambios o pérdidas de cobertura boscosa, contribuyendo con un conjunto de herramientas útiles para grupos de interés gubernamentales y no gubernamentales, en su tarea de diseñar e implementar políticas e iniciativas orientadas a la conservación sostenible del patrimonio forestal peruano (MINAM, 2021b). Teniendo en cuenta que los bosques secos del norte del Perú, especialmente de la región Piura, soportan severas y extremas condiciones climatológicas, entre ellas el fenómeno de El Niño; el MINAM, obtuvo estadísticamente con herramientas de teledetección espacial, el mapeo de los bosques estacionalmente secos de la costa norte del Perú al 2018 (Piura, Lambayeque y Tumbes),

identificando para tal fin la distribución espacial de cobertura de bosques secos en las diferentes provincias de la región Piura.

Características del bosque estacionalmente seco y olvidado. La costa noroeste y las estribaciones occidentales de los Andes inferiores contienen la mayor extensión de esta formación forestal en el país. Esta región tiene dos tipos distintos de bosques secos estacionales:

- las tierras bajas están dominadas por *Prosopis pallida* (Leguminosae),
- los bosques ubicados en las estribaciones andinas y la Cordillera de Amotape son más ricos en especies.

Esta región ha sido la más estudiada entre todas las regiones de bosques secos estacionales del Perú, en términos de florística y ecología (Linares-Palomino, 2004). Valles interandinos secos con forma de islas en el norte (valle de Marañón), centro (valle del Mantaro) y sur de Perú (valle de Apurímac). Esta región se caracteriza por una familia de Cactaceae abundante y diversa, con el valle de Marañón con un número impresionante de especies endémicas, donde el 33% de las especies leñosas son endémicas (Talledo, 2017). Los bosques estacionalmente secos orientales en el norte (valle del Huallaga), centro (valles de Chanchamayo y Ene) y sur de Perú (valles de Quillabamba, Yanatile y Yavero), todos ubicados al este de los Andes e incrustados en una matriz de bosques más húmedos (García-Villacorta 2009; Marcelo-Peña y Reynel Rodríguez 2014).

Esta ecorregión de Bosque Seco Tumbes-Piura está ubicada en la región ecuatorial de América del Sur entre el Océano Pacífico y la vertiente occidental de la Cordillera de los Andes. Incluye una pequeña sección en el sur de Ecuador y los departamentos de Tumbes, Piura, Lambayeque y Cajamarca en el norte de Perú. El clima es cálido y seco, aunque más húmedo hacia el norte. Tiene una temporada de lluvias durante los meses de enero a marzo con precipitaciones entre 100 y 500 mm, y una estación seca bien definida. La

temperatura media anual varía entre 24 y 27°C. Esta ecorregión alberga algunos de los remanentes de bosque seco más grandes del oeste de América del Sur. Estos bosques están formados por especies adaptadas a las condiciones extremadamente áridas de la estación seca, incluidas especies de ceiba, arbustos de papelillo, cordia amarilla y cactus. Otras especies dominantes en la zona de bosque seco incluyen hualtaco, guayacán, palo santo, ébano, charán, zapote, pasallo, angolo, almendro. Se considera que alberga una de las mayores abundancias de mezquite. La ecorregión Bosques Secos Tumbes-Piura tiene un nivel significativo de endemismo dentro de su comunidad de flora atribuido a muchas especies que se adaptan a las condiciones áridas. La especie de algarrobo se destaca por su capacidad para capturar y fijar nitrógeno en el suelo con sus raíces, mejorando así las condiciones de nutrientes no solo para ellos sino también para otras especies de vegetación cercanas. Las especies características de la fauna en la ecorregión incluyen tamandua sureña, ardilla de Guayaquil, iguana verde común y varias especies de aves como loros, periquitos, urracas y algunos furnáridos. Durante décadas, esta ecorregión ha estado sujeta a la extracción selectiva de gran parte de flora y algo de fauna. Sin embargo, los hábitats y la vida silvestre se han recuperado hace relativamente poco tiempo. Esto se atribuye al establecimiento del Parque Nacional Cerros de Amotapes, y los efectos positivos del patrón climático de El Niño que llevaron a una mayor disponibilidad de agua en el ecosistema. El Niño es un evento meteorológico con ciclo irregular derivado de las cálidas aguas del Océano Pacífico que provoca cambios en el clima global, principalmente en el aumento de las precipitaciones en esta zona. Este incremento de lluvias ayuda a que miles de plantas germinen en la ecorregión de Bosques Secos de Tumbes y Piura, facilitando la recuperación de especies florales además de brindar alimento, entre otros servicios, a las especies de fauna. Las acciones de conservación prioritarias para la próxima década serán:

- 1) Establecer una conciencia y un movimiento a nivel comunitario para mitigar la pérdida de biodiversidad.
- 2) Aumentar la presencia de seguridad para frenar el comercio y la caza ilegales de mascotas.
- 3) Aumentar el tamaño y la conectividad de las áreas protegidas.

Los bosques estacionalmente secos de Perú varían desde bosques altos que contienen algunas especies extendidas que también se encuentran en las selvas tropicales, hasta matorrales con gran número de especies de Cactáceas. Dentro de esta vasta área, está el bosque seco de Tumbes y Piura, que alberga el remanente de bosque seco más grande del oeste de América del Sur, con un alto nivel de endemismo de especies distribuidas de manera espacial de acuerdo con los diferentes tipos de bosque seco (Rodríguez, 1996). La vegetación de esta zona juega un rol importante en el control del avance hacia el norte de las arenas del desierto de Sechura hacia las zonas agrícolas y urbanas; por tanto, la conservación y preservación de la vegetación de esta ecorregión es parte del esfuerzo mundial contra la desertificación y la erosión de los suelos debido al impacto por el incremento de la velocidad de los vientos por efecto de la deforestación de los bosques (Cuba et al., 1998).

### **2.2.5. Sierra Esteparia**

Comprende el flanco occidental de los andes entre 1 000 m s.n.m a 3 500 m s.n.m. Es una región de montañas y riberas de ríos con profundos cañones, fértiles valles; el clima es seco y soleado durante el día que dan paso a frías noches. Mientras se asciende a las zonas más altas cercanas a la puna o páramo, las lluvias se hacen más frecuentes. Se sitúa en el sur de América en el flanco occidental de la cordillera de los Andes, rodeada de bosque seco ecuatorial al norte, la puna y Altos Andes al este y el desierto de Atacama al oeste.

Presenta características definitorias como: (i) Formada por actividad volcánica y con intensa y continua actividad sísmica, (ii) su clima se asocia a condiciones comunes de altura de un desierto. Generalmente, seco-soleado durante el día y frío durante la noche. (iii) precipitaciones entre diciembre y marzo con escasa lluvia inferior a los 400 mm y sequías prolongadas de hasta ocho meses, (iv) morfología propia de una formación montañosa con valles estrechos, grandes precipicios, paisajes rocosos y llanuras escasas, (v) Suelo fértil con abundantes minerales producto de intensos procesos de meteorización. La serranía esteparia se divide en cuatro zonas: (i) La serranía esteparia semidesértica, ubicada entre los 1 000 y 1 600 m s.n.m. presenta un clima templado subtropical con altas temperaturas y poca lluvia. (ii) La serranía esteparia entre los 1 600 y 2 600 m s.n.m. más húmeda, con temperaturas templadas (iii) La serranía esteparia media está entre los 2 600 y 3 200 m s.n.m. con un clima frío y seco con bajas temperaturas y alta insolación (iv) La serranía esteparia alta ostenta alturas entre 3 200 y 4 000 m s.n.m. un clima boreal frío, y cercano al clima de tundra, pero menos húmedo (Lifeder, 2022).

#### **2.2.6. Páramo**

Las montañas en todo el mundo suministran importantes beneficios ecosistémicos hidrológicos que promueven el desarrollo económico y social de las poblaciones. En los Andes tropicales, un grupo de ecosistemas, advertidos como páramos situados arriba de los 3000 m.s.n.m y por debajo de los glaciares subsisten moldeados por la actividad volcánica y glacial, así como por la actividad humana. Dada su elevada ubicación y características biofísicas, sus recursos hídricos sustentan y regulan el suministro de agua, así como la generación de energía hidroeléctrica. Al mismo tiempo, las rápidas tasas de diversificación de los organismos que ocupan estos ambientes únicos y extremos hacen del páramo un punto crítico de biodiversidad de más rápida evolución en el mundo (Mosquera et al., 2023).

## 2.3 Caracterización Física

La geología, geomorfología, los suelos y el clima inciden en el comportamiento hídrico de la cuenca y determinan la relación entre las áreas de recarga de acuíferos, la ubicación de pozos de explotación de agua subterránea y la expansión agrícola en las partes alta y media de la cuenca. Los suelos poseen la capacidad de infiltración, que disminuye los niveles de escorrentía y favorece la recarga de agua subterránea (INRENA,2009). Sin embargo, la impermeabilidad de la huella urbana favorece a las inundaciones.

### 2.3.1. Zonas físicas de la cuenca Piura

La demarcación y ordenamiento considera cuenca alta al territorio aguas arriba de la localidad de Serrán. Parte media es desde la presa Los Ejidos hasta Serrán y parte baja están considerada las planicies desde la ciudad de Piura hasta el mar de Grau (Gobierno Regional de Piura., 2009) (Tabla 2) y (Figura 4).

Tabla 2.

Zonas de la cuenca Piura y principales parámetros climatológicos.

Parámetros	Zona de cuenca		
	Baja	Media	Alta
Altitud (m s.n.m)	0-50 m	50-350 m	Más de 350 m
Precipitación (mm/año)	10-80	100-600	700-1100
Temperatura mínima	15	10	0
Temperatura media	24	24	13
Temperatura máxima	38	32	27
Evaporación (mm/año)	2 500	2 350	1 350

Fuente: Adaptado del Plan de Gestión de la Cuenca del Río Piura, 2008

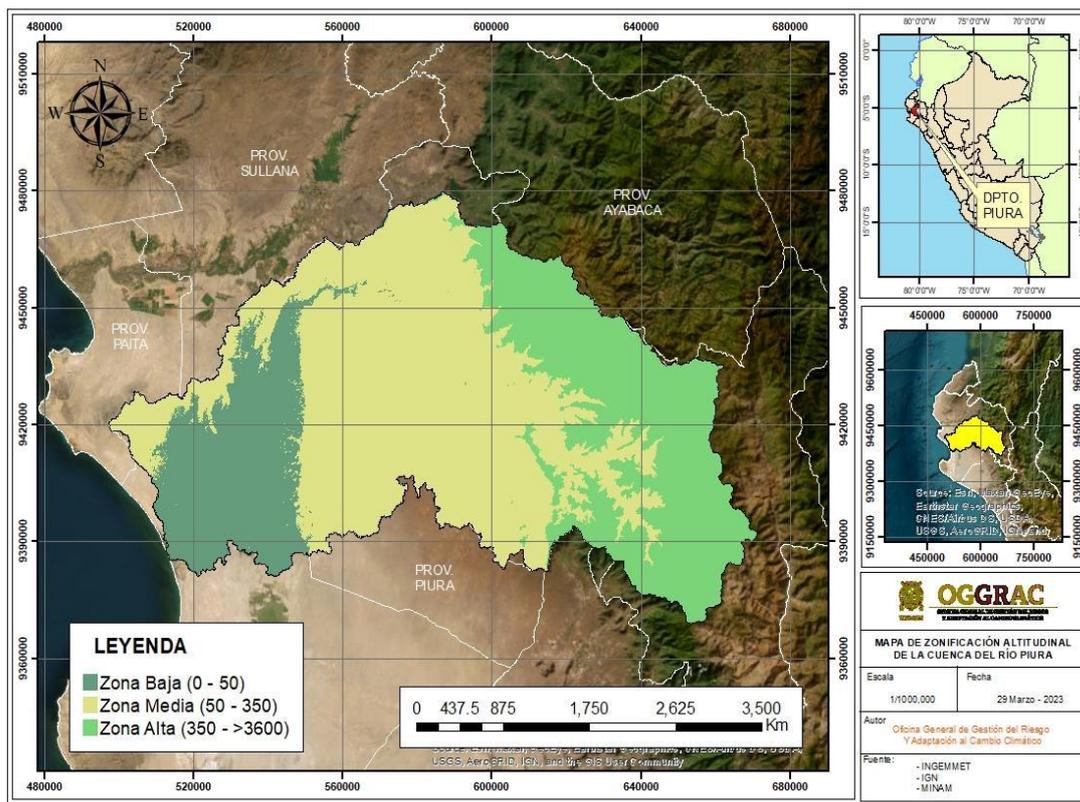


Figura 4. Zonificación de la cuenca del río Piura. Fuente (Gobierno Regional de Piura., 2009)

### 2.3.1.1. Zona Baja

Zona hasta los 50 m s. n. m., comprende el Valle del Bajo Piura donde se encuentra la ciudad de Piura. Zona de mayor concentración urbana de la cuenca y de una extensa área agrícola, exhibe una topografía con suaves pendientes, clima árido, abundante insolación, precipitaciones pluviales promedio de 50 mm y temperaturas promedio de 32 ° C y quebradas secas que se activan en épocas del ENOS lo que la convierte en un área de alto impacto ante eventos climáticos extremos. (Figura 5)



Figura 5. Imagen satelital de la zona baja de la cuenca Piura.

#### ***2.3.1.2. Zona media***

Es la zona más extensa de la cuenca y geomorfológicamente su superficie muestra un perfil ondulado y semidesértico situada entre los 50 m s. n. m. – 350 m s. n. m., presenta un clima seco con precipitaciones de 500 mm y temperaturas promedio de 28°C, con poca insolación y una humedad creciente conforme se asciende entre los meses de enero a abril. Posee zonas donde se alternan períodos de insolación con épocas de neblina y heladas. Este clima lo tenemos en la parte media alta de la cuenca y varía desde el fondo del valle hacia las laderas de un seco cálido a frío seco (Figura 6).

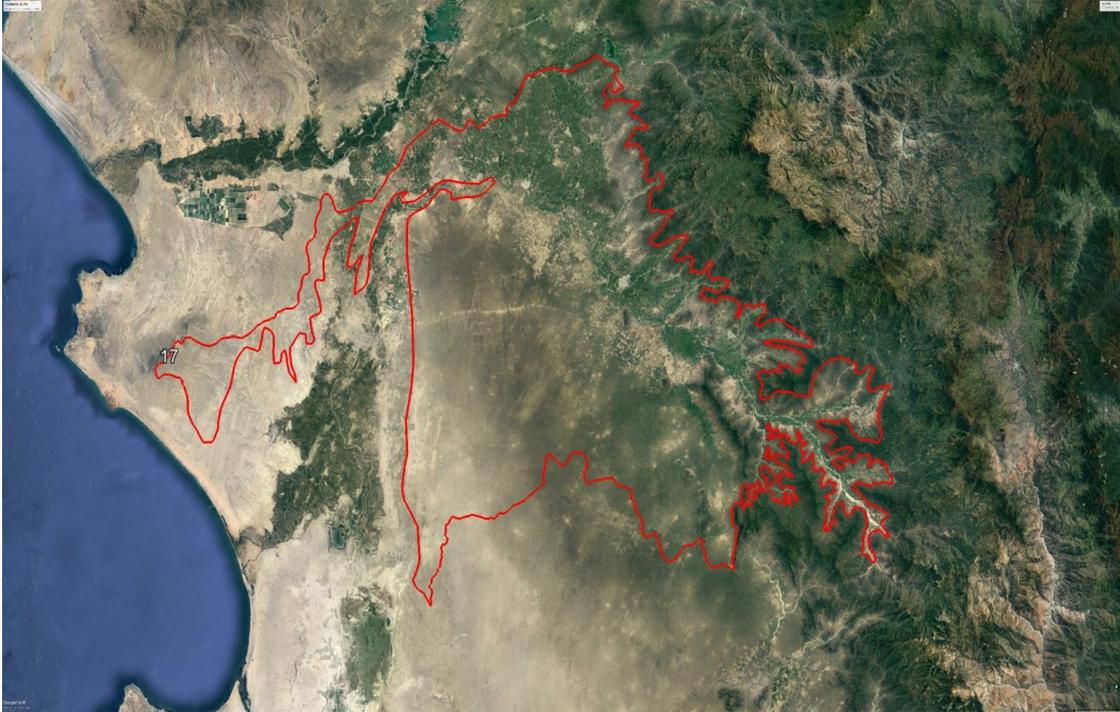


Figura 6. Imagen satelital de la zona media de la cuenca Piura.

### ***2.3.1.3. Zona Alta***

Zona montañosa de estrechos valles, altas pendientes y de las vertientes andinas en altitudes de entre los 350 m s. n. m. y 3 600 m s. n. m., ostenta un clima semiárido templado y muy frío, con alta incidencia de neblinas en distintos pisos ecológicos como el cordón cacaotero a los 700 m s. n. m. y 800 m s. n. m., y el cordón cafetalero, entre 1 100 m s. n. m. y 1 665 m s. n. m. En la ciudad de Cruz Blanca (3170 m s. n. m.), se observa el *divortium aquarum*, línea divisoria entre las vertientes hidrográficas del Pacífico y el Amazonas e inicio de 700 ha de páramos, entre Ayabaca y Huancabamba, importante ecosistema y a la vez muy vulnerable pues son zonas de recarga de agua. Gracias a los páramos, Piura cuenta con oferta hídrica durante todo el año. Se zonifica para diferenciar los espacios naturales y delimitar el campo de acción de las propuestas (CONAM, 2017) (Figura 7).

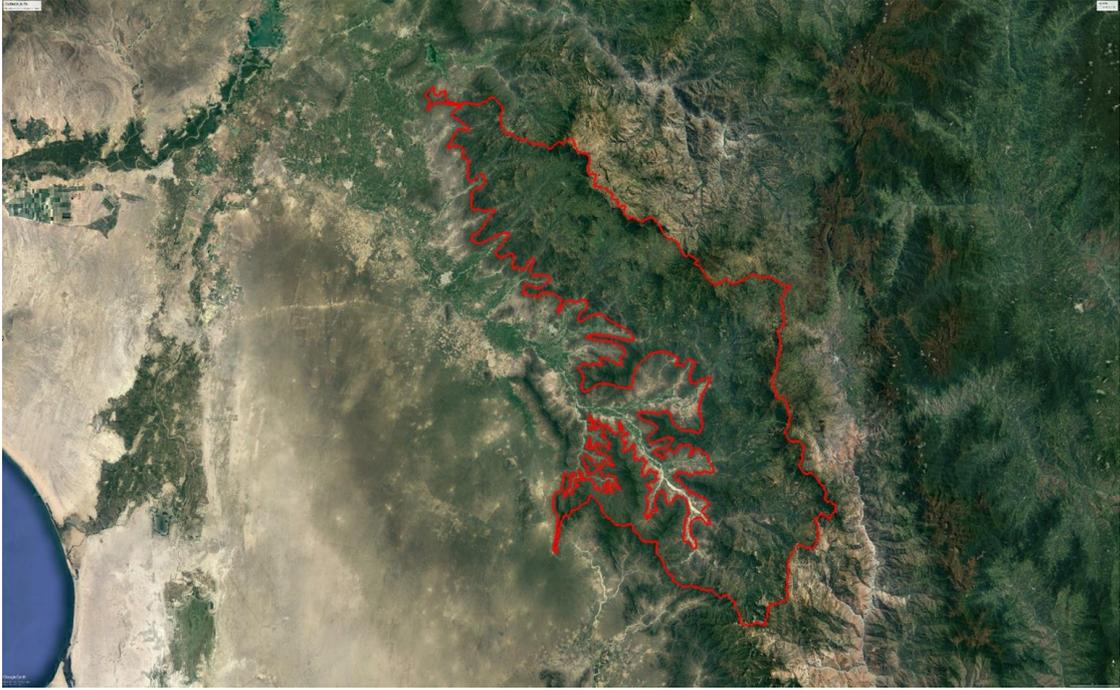


Figura 7. Imagen satelital de la zona alta de la cuenca Piura.

## 2.4 Geología de la cuenca Piura

Geológicamente, el territorio piurano está conformado por rocas sedimentarias, rocas ígneas (volcánicas e intrusivas) y rocas metamórficas. Hay predominancia de rocas sedimentarias (63.0%) en el territorio regional, 98% en la región costera. A este tipo de rocas se asocia el potencial de recursos no metálicos, como petróleo y gas, suelos agrícolas, aguas subterráneas y minerales industriales como los fosfatos calcáreos, diatomitas, sulfatos, salmueras de potasio y magnesio, bentonitas, arcilla común, arcillas refractarias, ba ritina, andalucita y materiales de construcción (Figura 8).

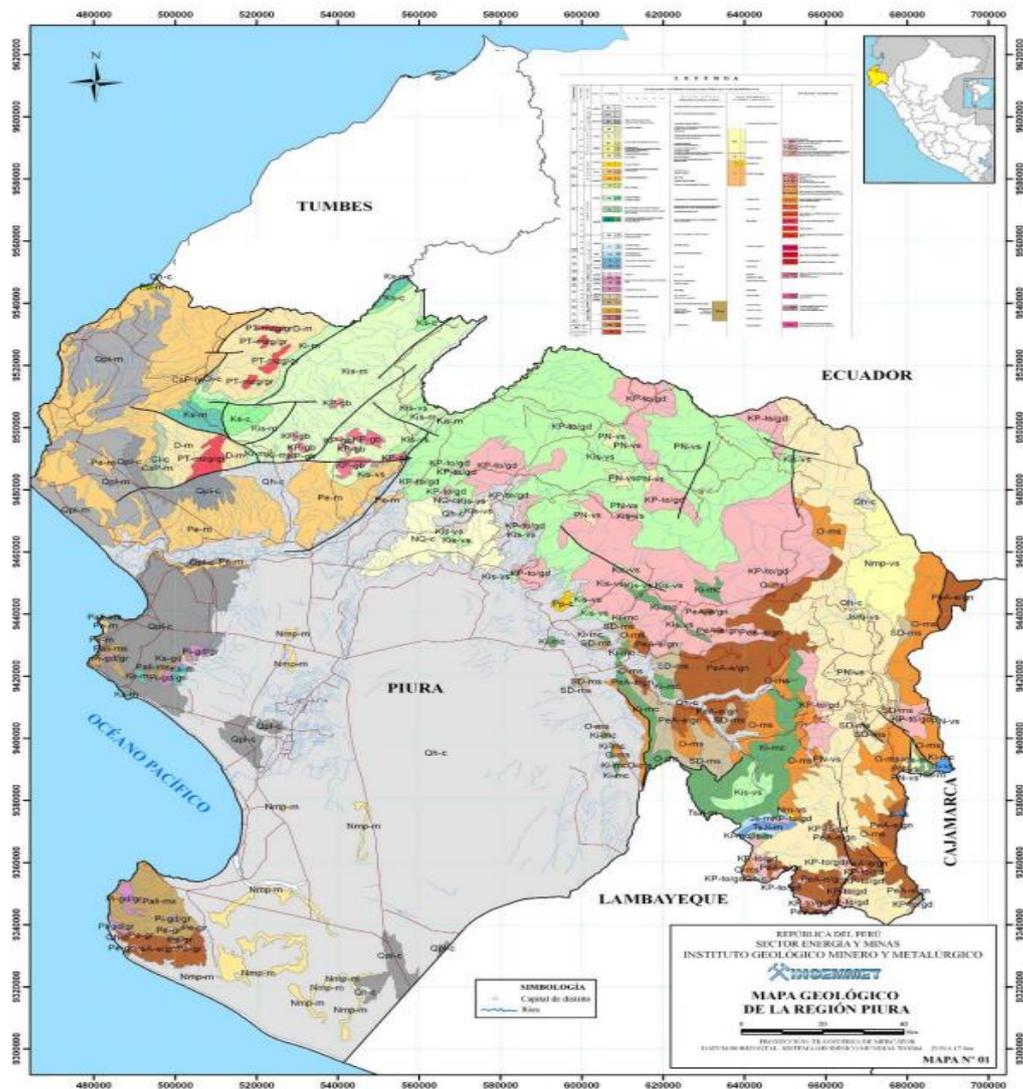


Figura 8. Mapa geológico de la región Piura. Fuente INGEMMET 2022

Las rocas ígneas (volcánicas e intrusivas) cubren 27.7% de la región, estando 97% en la región andina y sus estribaciones, con potencial de recursos mineros metálicos de Au-Ag, Cu-Zn-Pb y Cu-Mo. Las rocas intrusivas cubren en menor proporción el territorio de Piura (7.5%), en mayor porcentaje en la zona andina. En suma, la región Piura, expone una geología variada, que implica capas sedimentarias, ígneas, metamórficas y depósitos superficiales, de diferente cronología, éstas van desde el Neoproterozoico hasta el Cuaternario reciente. Los afloramientos son escasos debido a la intensa actividad eólica y fluvial. La cuenca baja del río Piura presenta un relleno sedimentario que corresponde a la cuenca sedimentaria mesozoica denominada Cuenca Lancones, formada por rocas metamórficas, esquistos, cuarcitas, filitas y en menor medida paragneis, ortogneis (INGEMMET, 1994).

## **2.5 Geomorfología de la cuenca Piura**

Morfológicamente, está constituido por tres grandes unidades morfoestructurales: (i) La cordillera de la costa, (ii) Las llanuras y depresiones costeras y (iii) La cordillera oriental que han originado los principales y grandes procesos geodinámicos que formaron el relieve a través de diferentes períodos geológicos. Los rasgos geomorfológicos del Valle Medio y Bajo de Piura están dispuestos por la plataforma y llanura costera y los cordones montañosos desarrollados en su evolución tectónica, habiendo incidido en la morfología de la cuenca agentes erosivos, como la meteorización del desierto, la mecánica de las olas en la línea costera, la acción eólica en los tablazos y la hidráulica de los ríos en los valles (INGEMMET, 1994). Las unidades morfoestructurales en la región, agrupan 35 unidades geomorfológicas. **La Cordillera de la Costa:** constituida por macizos paleozoicos alineados a una serie de elevaciones extendidas desde Islas Lobos de Afuera, Lobos de Tierra, Cerro Illescas, Silla de Paita, Macizo de Amotape y la Brea. Geológicamente, se considera como la continuación septentrional de la cordillera de la Costa del sur del país.

**Las Llanuras y Depresiones Costeras:** Conformada por las llanuras que han dado lugar a las terrazas marinas escalonadas, conocidas como tablazos. Los cuales, cuanto más altos y más alejados del litoral son más antiguos y tenemos los de Máncora, Talara y Lobitos. Las depresiones costeras, se han desarrollado como extensas superficies cubiertas por depósitos eólicos, que son cortados por los ríos Chira y Piura. **La cordillera oriental:** comprende un elevado territorio encima de los 3900 m.s.n.m, con fuerte evidencia de una marcada glaciación pleistocénica. En resumen, su geomorfología exhibe formas especiales, únicas fisiográficamente bien definidas; (i) el desierto de Sechura, (ii) promontorios desde los 200 m s.n.m, que ascienden conformando el macizo de la cordillera occidental. El neotectonismo regional recurrente, la acción geológica de los vientos, la dinámica fluvial y el oleaje han definido una morfometría característica de un paisaje árido (INGEMMET 2018) (Figura 9) (Tabla 3).

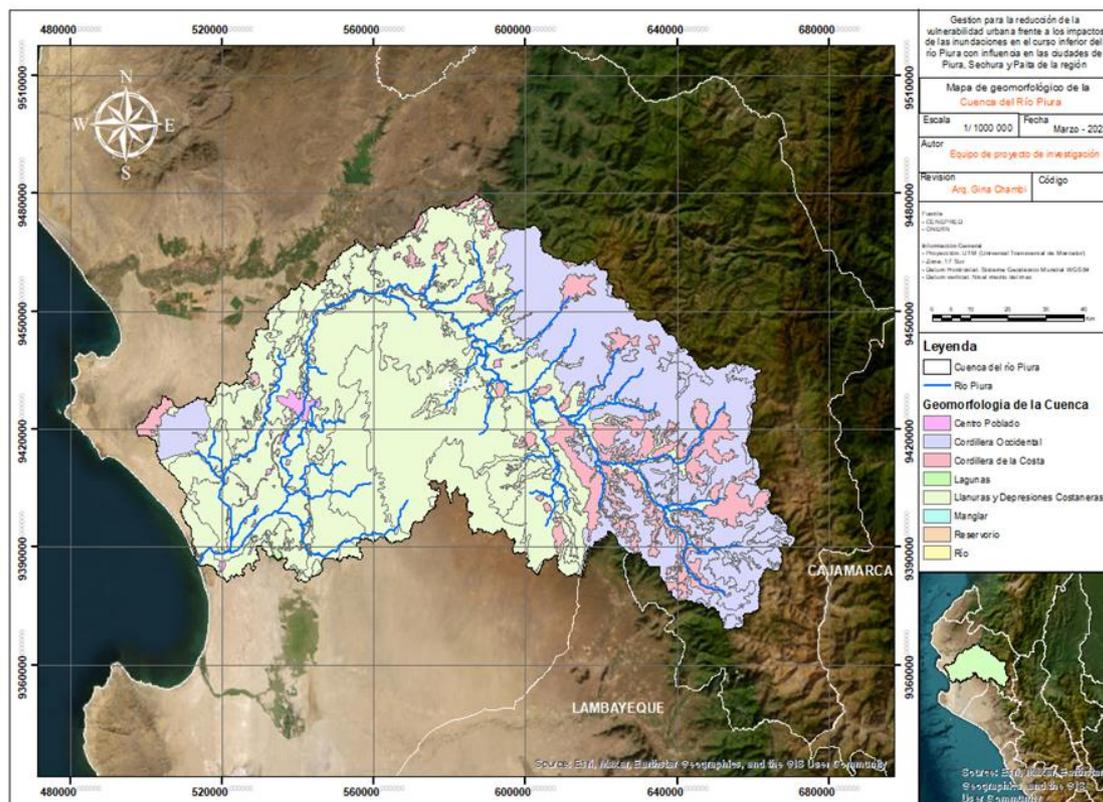


Figura 9. Mapa Geomorfológico de la cuenca del río Piura.

## 2.5.1. La Morfometría en la Cuenca Piura

La morfometría de una cuenca hidrográfica es proporcional a la posibilidad de cosecha hídrica, ante eventos climáticos (Gaspari, 2012), pues aclara la disponibilidad y la escasez de agua dentro de una cuenca fluvial, de allí su importancia en un contexto de cambio climático. Además, permite reconstruir la historia y la vida de un paisaje a partir de la interacción de su relieve y los sedimentos llegando a comprender los procesos que la moldearon. Podemos comprender cómo se mueve el sedimento a través del paisaje. Podemos definir cómo se organiza y relaciona el paisaje y comprender cómo las actividades humanas están dejando su huella en nuestro planeta (Figura 13).

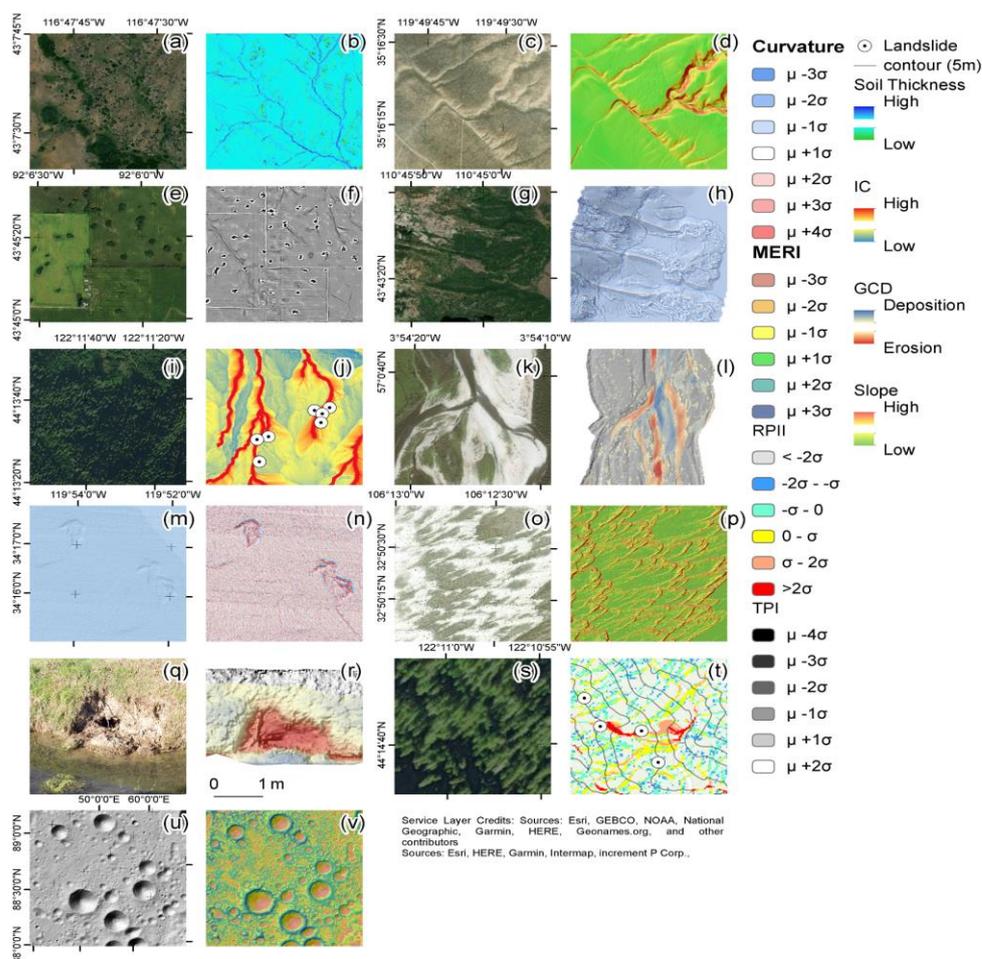


Figura 13. Algunos ejemplos y aplicaciones de la morfometría. Fuente G. Sofía (2020).

La morfometría es una metodología cuantitativa para la mejora del conocimiento de los accidentes geográficos o de las características morfológicas y geohidrológicas de una cuenca (Bhadwal, et al., 2022). Usa múltiples algoritmos desarrollados a partir de principios geo científicos y computacionales que contribuyen a mejorar nuestra comprensión de los asentamientos humanos. Ayuda a comprender la relación entre las características del terreno y sus patrones de flujo, como la infiltración, la escorrentía, la erosión y el transporte de sedimentos, importantes variables al plantear la conservación de los recursos naturales, la formulación de políticas, el desarrollo de planes y la gestión sostenible de la región (Asfaw & Workineh, 2019).

Tabla 3.

Columna Estratigráfica de la región Piura.

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	ROCAS INTRUSIVAS	
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Depósitos eólicos, marinos, aluviales y manglares		
		PLEISTOCENO	Tablazos Máncora, Lobitos, Talara	Areniscas, arenas, gravas, coquina	
	NEOGENO	PLIOCENO			
		MIOCENO	Fm. Tumbes, Fms. Miramar-Hornillos	Areniscas; areniscas, tobas y lodolitas; areniscas calcáreas	
			Fm. Cardalitos – Fm. Zapallal	Lutitas-Tobas diatomáceas, areniscas y calizas	
			Fm. Zorritos – Fm. Montera	Areniscas, lutitas	
	Fms. Máncora-Heath	Lutitas, areniscas conglomerádicas-Lutitas, calizas y areniscas conglomerádicas			
	OLIGOCENO				
	PALEOGENO	EOCENO	Fm. Cone Hill-Carpitas	Calizas, margas, lutitas	
			Gpo. Mirador	Conglomerados y areniscas	
			Fm. Chira	Lutitas, limolitas	
			Fm. Verdún	Areniscas, conglomerados y limoarcillitas	
			Gpo. Talara	Areniscas, lutitas, conglomerados	
	Gpo. Salina	Areniscas, lutitas, conglomerados			
PALEOCENO	Gpo. Mal Paso	Lutitas, areniscas			
MESOZOICO	CRETACICO	SUPERIOR	Fm. Monte Grande	Areniscas y lutitas	
			Fm. Redondo	Lutitas, margas, calizas y limoarcillitas	
			Fm. Tablones.	Conglomerados y areniscas	
		Gpo. Copa Sombrero	Fm. Encuentros	Lutitas, areniscas y conglomerados	
			Fm. Jahuary Negro	Areniscas, lutitas y chert	
			Fm. Huasimal Fm. Lancones	Lutitas, areniscas Andesitas, tobas, areniscas	
	INFERIOR	Fm. Pananga, Muerto, Chulec, Pariatambo	Calizas, lutitas, calcarenitas, areniscas, calizas Andesitas, tobas y areniscas, limolitas areniscas y calizas		
		Fm. Gigantal Gpo. Goyllar	Conglomerados Areniscas, cuarcitas, lutitas, calizas		
	JURASICO	SUPERIOR	Fm. Chicama	Lutitas, areniscas	
		MEDIO	Fm. Oyotun	Tobas, brechas, derrames andesíticos	
INFERIOR					
TRIÁSICO	SUPERIOR	Gpo. Pucará	Calizas		
PALEOZOICO	PERMIANO	Fm. Palaus			
	CARBONÍFERO	Fm. Cerro Prieto	Pizarras, esquistos y cuarcitas		
		Fm. Chaleco de Paño			
	DEVOMIANO	Fm. Cerro Negro	Argilitas, cuarcitas		
ORDIVICIANO	Fm. Salas	Filitas, cuarcias			
NEOPROTEROZOICO			Complejo Marañón-Olmos	Esquistos, anfibolitas	

Fuente INGEMMET (2018)

## 2.6 Litología de depósitos Cuaternarios de la cuenca Piura.

Estructuralmente la cuenca baja del río Piura se superpone a depósitos sedimentarios del cuaternario de origen eólico y aluvial, que a su vez reposan sobre la capa sedimentaria

Sechura y sobre estructuras ígneas del cenozoico, las mismas que emergen en el macizo Illescas. La base de la cuenca Piura está formada por rocas metamórficas (Paleozoico, Cretácico) – esquistos, cuarcitas, filitas y en menor medida paragneis, ortogneis etc. Estas rocas afloran en el macizo de Paita y Bayóvar y en las laderas occidentales.

Dado que, en el área de la cuenca el más importante aspecto, desde el punto de vista hidráulico es la formación Zapallal (Mioceno), se muestra una división detallada de ella, puntualizando que, la circulación de las aguas subterráneas es en el estrato superior:

1. Zona Superior (I), relacionada con las arenas e intercalaciones de gravas. Su espesor fluctúa entre 30 y 70 m.
2. Zona Intermedia (II), compuesta por arcillas y emplazamientos arenosos con alto contenido de bentonita. Su espesor fluctúa entre 30 y 70 m.
3. Zona Interior (III), zona formada por arenas de grano grueso.

La presencia y el espesor del manto Zapallal está comprobado por sondas realizadas en el valle de Piura. En la mayoría del área de Piura los sedimentos terciarios están cubiertos por sedimentos cuaternarios de tipo fluvial y eólico. Estratigráficamente en la región se ha diferenciado unidades geológicas cuyas edades comprenden rocas del Neoproterozoico (rocas metamórficas del Complejo Marañón-Olmos), Paleozoico (Formaciones Salas, Cerro Negro, Chaleco de Paño, Cerro Prieto, Palaus), Mesozoico (TriásicoJurásico-Cretácico: Grupo Pucara, Formaciones Pucará, Oyotum, Chicaza, Gigantal, PanangaMuerto, Lancones, Huasimal, Jahuay Negro, Encuentros, Tablones, Redondo y Monte Grande; Grupo Copa Sombrero), Cenozoico (Grupos Mal Paso, Salinas, Talara; Formaciones Verdún, Chira, 3 Mirador, Cone Hill-Carpitas, Mancora-Heat, Zorritos, Montera, Cardalitos, Zapallal, Tumbes, Miramar-Hornillos) y depósitos cuaternarios (Tablazos Mancora, Lobitos Talara, depósitos eólicos marinos, aluviales y manglares) (Figura 10).

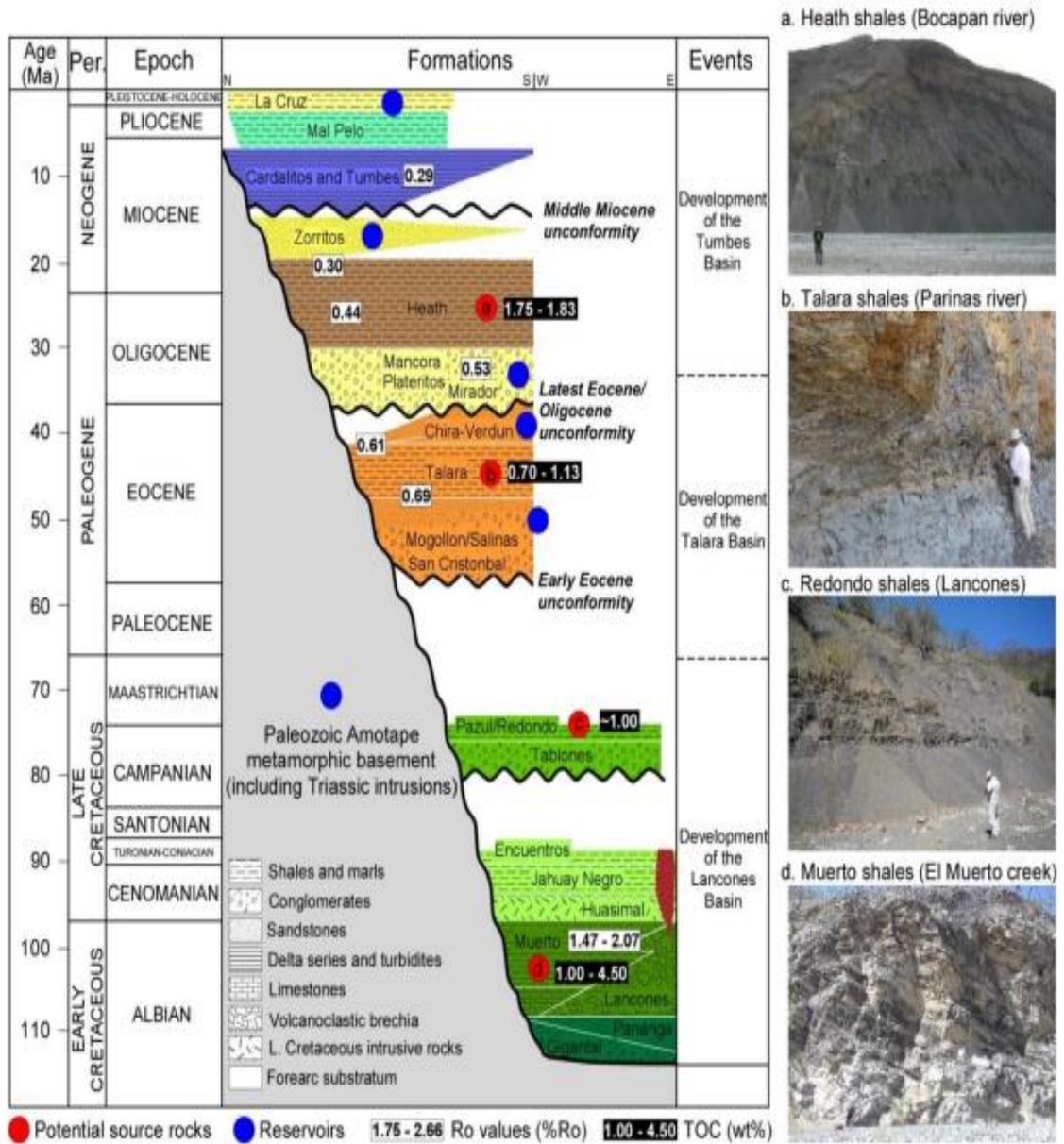


Figura 10. Estratigrafía sintética del sistema de antearco norperuano mostrando la fuente principal y rocas reservorio. Fuente: Fernández et al., 2005 y Espurt et al., 2018.

## 2.7 Clima en la Cuenca Piura

### 2.7.1. Introducción

Piura presenta un clima seco en la zona costera, con lluvias que van de 100 a 200 mm, en períodos normales; condición que cambia cuando se presenta el FEN, donde las precipitaciones alcanzan un acumulado anual de 1400 mm. En la zona andina, se tiene un clima templado y frío. (Figura 11).

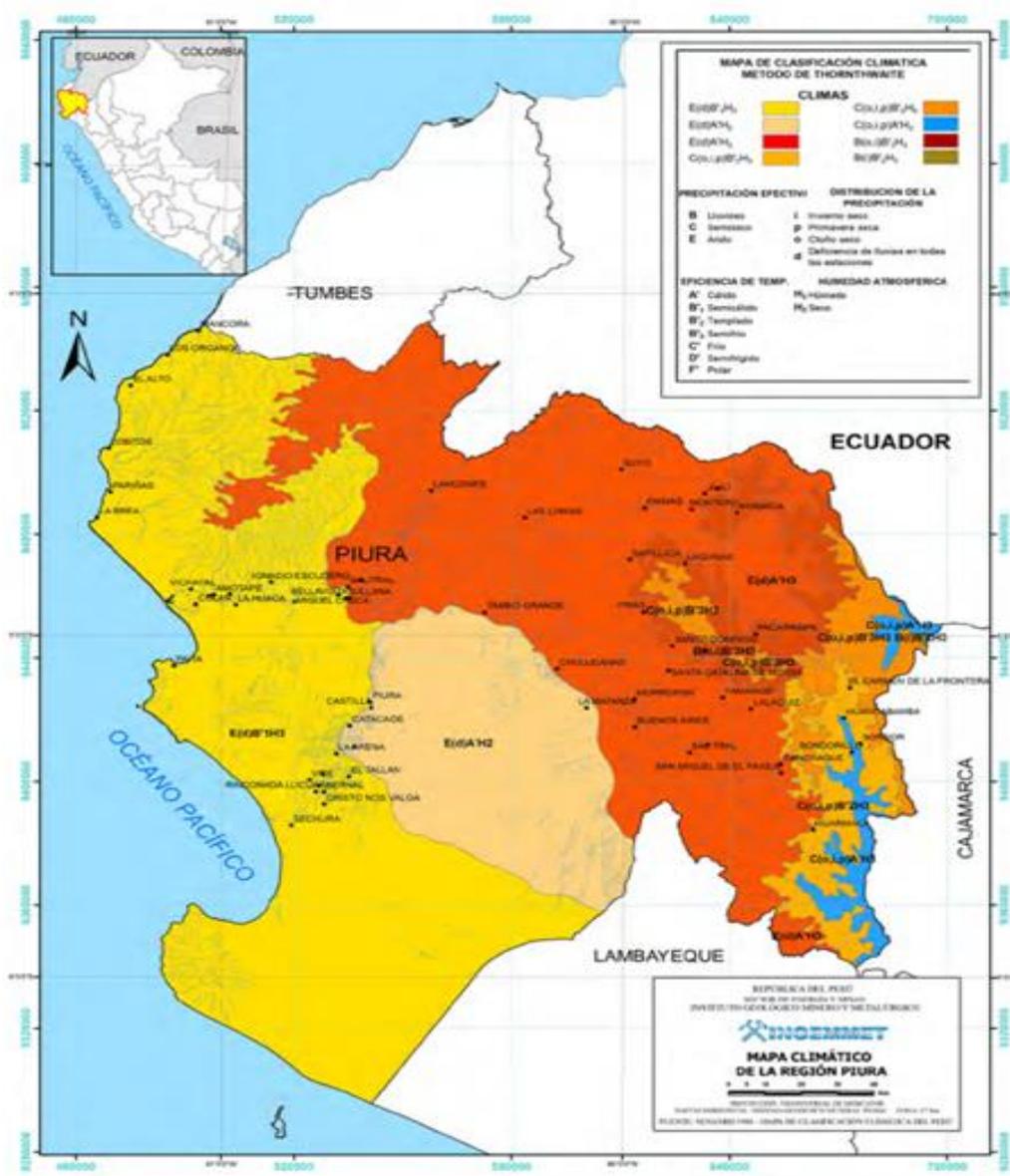


Figura 11. Mapa climático de la región Piura. Fuente: INGEMMET (1988)

Las condiciones termo pluviométricas de la cuenca del río Piura están determinadas por su localización geográfica, factores climáticos, circulación local (brisa mar-tierra) y condiciones de circulación atmosférica. Los mapas climatológicos permiten conocer la variabilidad de la temperatura del aire y de las precipitaciones, que son de gran utilidad a los diferentes sectores económicos. La región Piura, presenta en la costa una temperatura media anual de 27° C y 25° C en Talara; mientras que en Morropón y Chulucanas alcanza los 31, 6° C. En Huarmaca, en la zona andina, la temperatura desciende hasta los 8, 6° C.

### **2.7.2. Factores climáticos**

La cuenca inferior del río Piura se caracteriza: (i) Un clima árido con escasas o nulas precipitaciones; un promedio anual de 77.35 mm y presencia de cambios climáticos que originan precipitaciones extraordinarias de hasta 2273 mm y 1849 mm, elevando los caudales hídricos (Vásquez et al., 2003). (ii) Temperaturas elevadas en verano (24 - 29 °C) y en el resto del año se conservan en 20°C. (iii) Presencia de una Humedad relativa anual de 65-74% y una alta evaporación que en promedio significa 1502,50 mm anuales. (iv) Alberga como principal cuerpo de agua superficial al río Piura, que recorre el valle con dirección suroeste, con caudales medios mensuales que oscilan entre 134,61 y 2,05 m<sup>3</sup> /s para los meses de verano y el resto del año respectivamente, y un registro de no caudal en años secos. (v) Presencia de lagos efímeros como Ñapique, Ramón y La Niña, volatilizados por altos índices de evaporación y que, en eventos climáticos extremos, alcanzan su máxima capacidad en un solo cuerpo de agua, como sucedió en 1983, 1998, 2002 y 2017 (Velasco & Capilla, 2019).

## 2.7.3. Proyecciones Climáticas y Temperaturas

### 2.7.3.1. Temperaturas extremas

Piura experimentará sensaciones térmicas de hasta 34 °C, debido a la ausencia del Anticiclón del Pacífico Sur. Las altas temperaturas, han superado las marcas históricas y están afectando los cultivos, afectando la economía del país. Algunos cultivos de agro exportación, como mangos limones y arándanos, están comprometidos. En el caso del arroz, el SENAMHI advierte que, las altas temperaturas elevan el riesgo de cosecha (figura 12)

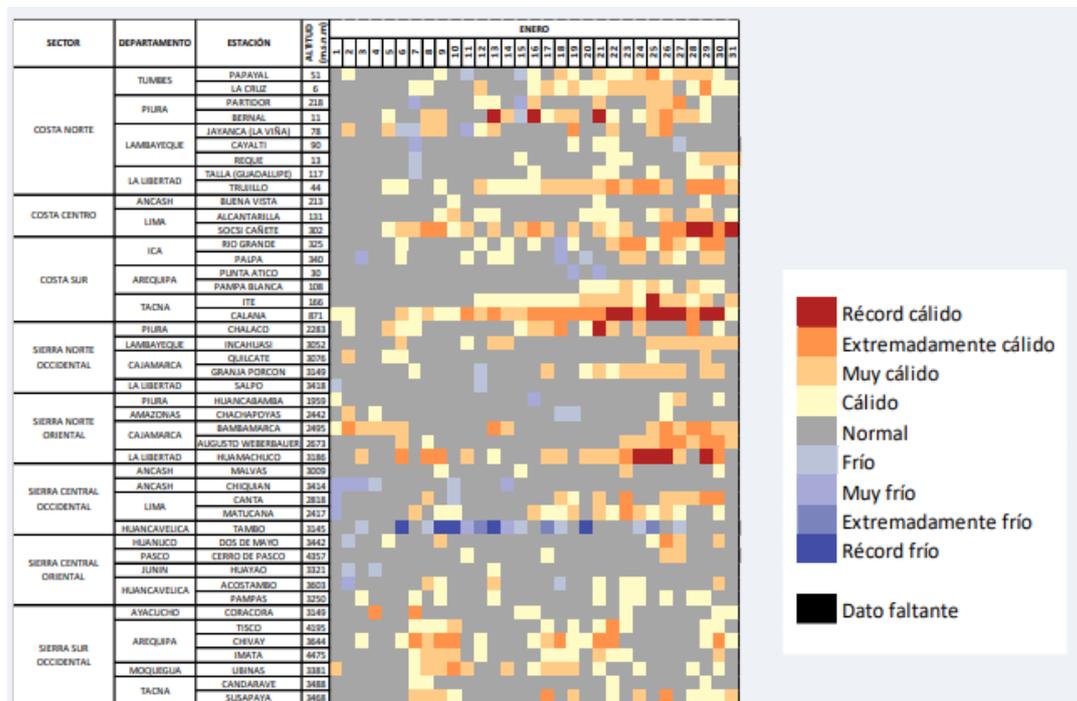


Figura 12. Temperaturas máximas y condiciones térmicas costeras. Fuente: SENAMHI

### 2.7.3.2. Proyección de precipitaciones

Según el IPCC, Piura experimentará un aumento promedio de temperatura para el 2040, de entre 1,0 y 1,5°C, asimismo existe un riesgo alto en relación con la magnitud y probabilidad de islas de calor urbanas provocadas por la deforestación, el aumento del tamaño de las áreas urbanas y la escasez de áreas verdes (Caldas et al. 2019). Las

perspectivas sobre el clima futuro estiman que las temperaturas seguirán aumentando en nuestro país a lo largo del siglo XXI, incluso en escenarios de bajas emisiones, la temperatura promedio local podría aumentar en 0,75-1,5°C para mediados de este siglo y en 1-1,75°C para finales. Las precipitaciones pluviales a largo plazo muestran un patrón variado. Mientras que la temperatura responde de manera bastante directa a los cambios en el forzamiento radiativo y al aumento del CO<sub>2</sub>, la respuesta del ciclo hidrológico es mucho más compleja e incluso contradictoria localmente (Hartmann et al., 2013). Las zonas costeras septentrionales de nuestro país muestran una tendencia al aumento de la precipitación promedio, mientras que las regiones costeras meridionales muestran una tendencia hacia la disminución (Haylock et al., 2006).

## **2.8 Análisis sísmico de la cuenca Piura**

La cuenca baja del río Piura se encuentra en una región de moderada sismicidad, debido a que el buzamiento de la zona de Benioff para el Norte del Perú está por debajo los 15°, lo que da lugar a que la actividad sísmica y el riesgo sísmico disminuyan notablemente. En este ámbito geográfico, donde se encuentran las ciudades de Piura, Sechura y Paita, los procesos de mayor actividad relacionados a la geodinámica externa corresponden a los procesos de erosión e inundación fluvial de las zonas depresivas, durante los períodos extraordinarios de lluvias, relacionadas directamente con el Fenómeno El Niño. Los procesos geodinámicos externos han formado grandes depósitos aluviales (conos deyeativos y pampas aluviales) y depósitos eólicos (sistema de dunas) durante el cuaternario en la zona de la planicie costera.

## **2.9 Hidrología de la región Piura**

### **2.9.1. Introducción**

Al desarrollar la hidrología de la ciudad de Piura, debemos referirnos al Fenómeno El Niño (FEN), que periódicamente se presenta en esta región, asociadas a lluvias de gran intensidad y grandes volúmenes de agua en el caudal en los ríos, y consecuentemente amenaza de destrucción de la Cuenca Piura. Las descargas máximas del Río Piura, están asociadas a la característica estocástica de las precipitaciones normales sobre la cuenca y a la influencia del FEN, cada una con frecuencias de recurrencia diferentes; que probablemente algunas veces hayan coincidido en severidad y ocasionado grandes tormentas y huaicos. El principal curso de agua, en el ámbito de estudio es el río Piura, el cual separa a las ciudades de Piura y Castilla. A efectos de viabilizar el transporte y la comunicación entre ambas ciudades se han construido 5 puentes: 3 vehiculares (Puente Cáceres, Sánchez Cerro y Bolognesi) y 2 peatonales (Puente Intendencia y Puente San Miguel -Puente Viejo). El Río Piura se aproxima a las ciudades por el lado Nor-Noreste con dirección Sur- Sureste, luego en el Puente Cáceres hace un cambio de dirección hacia el Sur hasta el puente San Miguel, luego de ello retoma la dirección inicial para alejarse de la ciudad.

### **2.9.2. Hidrografía**

El Río Piura tiene casi todos sus afluentes en la margen derecha, pues provienen de los contrafuertes andinos. Los primeros tributarios son los ríos Las Tunas y Pusmalca. Más al norte de la población de Salitral, tiene al río Bigote, Corral del Medio, Gallega y las quebradas de las Damas, Charanal, Yapatera, Guanábano, Paccha y San Francisco. Por el lado izquierdo, o sea el que mira al desierto, hay algunas quebradas que sólo en tiempo de grandes avenidas aportan aguas y también son afluentes río Seco y Los Tortolitos. El río Piura tiene 130 km de recorrido y su régimen de aguas ha sido siempre irregular. Los

afluentes del río Piura aportan un volumen de agua en el orden de los 650 millones de m<sup>3</sup> al año, usados para riego en el valle del Alto Piura. A esto hay que adicionar la explotación de aguas subterráneas, estimada en unos 68 m<sup>3</sup>/año (ARCC, 2022). El caudal propio del río Piura se agota antes de llegar a la parte baja de la cuenca, por lo cual recibe un trasvase proveniente de la represa Poechos, a través del canal de derivación Daniel Escobar. Con estas aguas se riegan aproximadamente 40000 ha agrícolas en el Medio y Bajo Piura. El Proyecto Especial Chira-Piura ha permitido una profunda transformación del paisaje, de la infraestructura productiva y de la vida de la población. El poco e irregular aporte hídrico propio del río Piura (figura 14) cambia en extremo cada vez que ocurre el Fenómeno de El Niño, para convertirse en un torrente peligroso. Por ejemplo, las descargas máximas registradas en la estación del puente Sánchez Cerro en 1983 alcanzaron 3200 m<sup>3</sup>/s y en el año 1998 llegaron a cerca de 4500 m<sup>3</sup>/s, causando enormes daños a la infraestructura vial y productiva de la región.

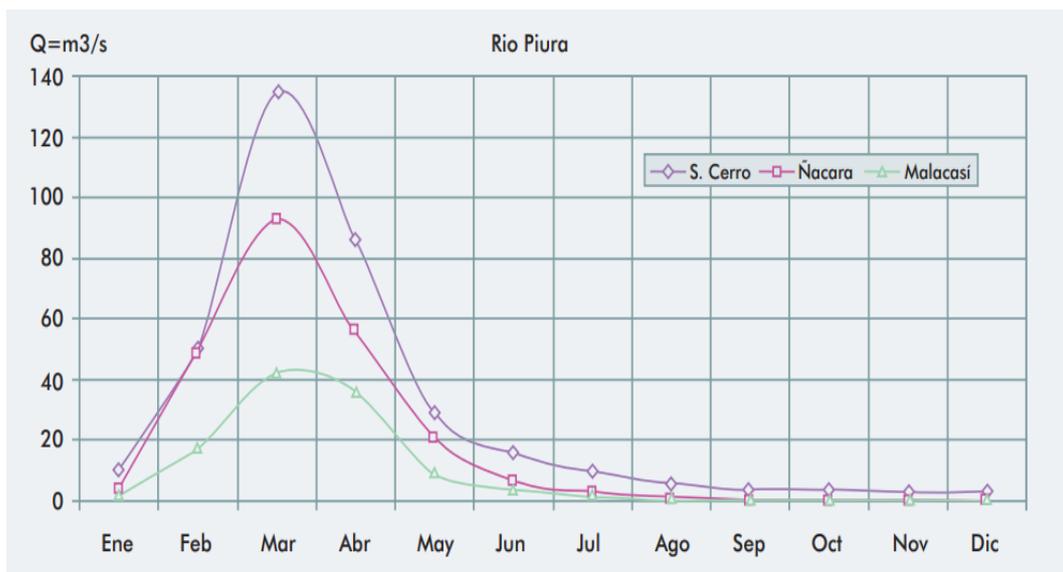


Figura 14. Caudal normal medio mensual del río Piura medido en las estaciones hidrométricas del puente Sánchez Cerro, Ñacara y Malacasi, respectivamente. Nota fuente, adaptado (Gobierno Regional de Piura., 2009)

### **2.9.3. Gestión de los Recursos Hídricos**

El Ministerio de Agricultura sostiene que, las cuencas hidrográficas del Pacífico donde se asientan las grandes ciudades y se desarrolla la agricultura intensiva sólo se benefician del 1% del agua dulce disponible en el Perú. De ahí la importancia de un conocimiento profundo de la hidrología de la región para su correcta gestión (Casimiro, Ronchail, Labat, Espinoza, & Guyot, 2012). Asimismo, estimaciones precisas de las precipitaciones tanto espacial como temporal son esenciales para el desarrollo de modelos hidrológicos, que permitan comprender el ciclo del agua y su impacto en los sistemas naturales y humanos para reducir la vulnerabilidad urbana. Las observaciones desde estaciones pluviométricas son un insumo ideal para las aplicaciones antes mencionadas, pero la distribución heterogénea, la fuerte variabilidad espacial y la escasez de pluviómetros combinada con deficiencias sistemáticas en la calidad de los datos impide su uso en el Perú (Aybar, Fernández, Huerta, Waldo Lavado, & Felipe-Obando, 2020).

Las sequías en la ciudad y la región han sido mucho menos estudiadas y, por lo tanto, prevalece la idea de un problema menos grave. Sin embargo, según los registros meteorológicos de la estación CORPAC 4 de la ciudad, entre 1932-1992 hubo 24 años donde las precipitaciones fueron inferiores a 25 mm/año y 11 años donde las precipitaciones fueron iguales o inferiores a 50 mm/año. Esto significa que la ciudad ha enfrentado una sequía severa durante el 40% de este tiempo (Palacios-Santa Cruz, 2010).

### **2.9.4. Infraestructura Hidráulica**

Dentro de la infraestructura hidráulica existente en la cuenca Chira-Piura, se cuenta para los sectores, poblacional, agrícola y energético. Para el sector Poblacional en la parte media y baja de la cuenca Chira-Piura es abastecida por el EPS Grau S.A., para la parte alta la demanda es servida por la JASS y las Municipalidades; para el sector agrícola es atendido por las Juntas de Usuarios: JU Chira, JU, San Lorenzo, JU Medio y Bajo Piura,

JU Sechura y JU Alto Piura. Para el Sector energético es operada por SINERSA y ENOSA.

#### ***2.9.4.1. Infraestructura Hidráulica para uso Agrícola***

Para el uso Agrícola se distingue 4 sistemas con diferente grado de desarrollo:

##### **1) Sistema hidráulico de San Lorenzo:**

La infraestructura hidráulica de la Irrigación del valle San Lorenzo se construyó entre 1948 y 1960, cuenta con una presa reguladora “San Lorenzo” con una capacidad actual del 203 Hm<sup>3</sup>, que almacena las aguas trasvasadas del río Quiroz, por un canal del mismo nombre, y del río Chipillico; las mismas que se derivan por el canal Yuscay hacia “El Partidor” que distribuye por los canales: Tj-05, Tejedores, Tablazo y Tambo Grande.

##### **2) Sistema hidráulico del Chira:**

Tiene un reservorio Poechos que capta las aguas del río Chira, con una capacidad actual de 407 Hm<sup>3</sup>, deriva las aguas a través del Canal Miguel Checa y las trasvasa hacia el Medio y Bajo Piura por el Canal Daniel Escobar, además tiene una presa derivadora “Sullana” que capta las aguas de retorno de Poechos y las deriva por el canal Norte que se bifurca en el Sifón Sojo y continua por el canal Sur.

##### **3) Sistema hidráulico Medio y Bajo Piura:**

Es abastecido del sistema de Poechos a través del canal de trasvase Daniel Escobar, tiene una presa derivadora “Los Ejidos” y el canal de derivación Biaggio Arbulú que abastece a la JU del M&B Piura y la JU Sechura.

##### **4) Sistema hidráulico Alto Piura:**

Se abastece del recurso hídrico en el período de avenidas con agua superficial a partir del río Piura, a excepción de algunas empresas que se abastecen mediante pozos tubulares

con agua subterránea. En el período de estiaje el valle se abastece a través de pozos tubulares que explotan el agua subterránea de los acuíferos.

#### ***2.9.4.2. Infraestructura Hidráulica para el Abastecimiento Poblacional***

En cuanto a la infraestructura hidráulica, tanto superficial como subterránea, relacionada con el abastecimiento poblacional en la parte media y baja de la cuenca Piura la encargada de dar servicio es la EPS Grau (excepto en Sechura donde se encarga la propia municipalidad) mientras que en las partes altas de la cuenca son las Juntas de Administradoras de Servicio de Saneamiento (JASS) o los propios municipios los encargados de dar este servicio.

#### ***2.9.4.3. Infraestructura Hidráulica para uso Hidroenergético.***

Dentro del ámbito de la Cuenca Chira-Piura, existen siete centrales hidroeléctricas que (Cuadro N°32), la mayoría de propiedad privada, que hacen uso del recurso para turbinar y posteriormente distribuir la energía al mejor postor, por medio del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional, para el caso de la cuenca del río Chira se desarrolla las actividades de dos empresa las cuales vienen a ser: Sindicato Energético S.A. (SINERSA), que cuenta con tres centrales hidroeléctricas y Electro Noroeste S.A. (ENOSA) con tres centrales.

#### ***2.9.4.4. Infraestructura Hidráulica para uso Minero.***

En la Cuenca Chira-Piura la presencia de minería se localiza en los distritos de Paimas, Las Lomas, Suyo, además parte de la provincia de Morropón; donde la mayor parte son mineros artesanales. Aun así, en los trámites correspondientes al otorgamiento de derecho de uso de agua, por parte de la Autoridad Nacional del Agua (ANA 2018), no se informa de ninguna infraestructura hidráulica existente o proyectada para la captación, conducción, distribución, almacenamiento, tratamiento posterior al proceso de extracción

ni evacuación de minerales, a esto se suma el desconocimiento oficial de las fuentes donde se abastecen del recurso, ni aquellas que se contaminan directamente.

#### **2.9.4.5. Infraestructura Hidráulica para uso Industrial**

En cuanto a la infraestructura hidráulica empleada para el sector industrial, no se encuentra información disponible ya que la operación y mantenimiento de ésta corre por cuenta propia de las empresas privada, que generalmente poseen pozos tubulares para extraer el agua del acuífero y en otros casos tienen el abastecimiento de la EPS Grau S.A

### **2.10 Aspecto Económico**

La zona urbana de la cuenca está integrada por los siguientes distritos: Piura, Castilla Catacaos, Tambogrande, Morropon, Chulucanas, Chalaco, La Matanza, Sechura, Bellavista de la Unión, Bernal y Vice, la demarcación territorial asociada a los ingresos e información poblacional con la desagregación sectorial estimada para el departamento de Piura determina el PBI per cápita de cada distrito (Tabla 4).

Tabla 4

Cuenca del río Piura: PBI per cápita y población, 1990-2025

Año	PBI per cápita de la Cuenca Piura (US\$)			Población de la cuenca	
	Total	Urbano	Rural	Urbano	Rural
1990	1.500	502	1.166	546.715	206.075
1995	1.615	510	1.281	596.981	223.741
2000	1.497	476	1.173	654.245	238.385
2005	1.664	504	1.286	716.235	255.276
2010	1.979	618	1.530	780.182	270.931
2015	2.304	747	1.821	840.627	285.258

Año	PBI per cápita de la Cuenca Piura (US\$)			Población de la cuenca	
	Total	Urbano	Rural	Urbano	Rural
2020	2.854	948	2.295	895.533	300.513
2025	3.475	1.174	2.852	943.208	314.507

Fuente BCR, 2021

### 2.10.1. Estructura productiva

El crecimiento económico promedio anual de Piura fue de 2,0 % en la última década (2013-2022). La producción de la región tuvo un ligero retroceso de 0,4 % en 2022 respecto al año previo. Cabe señalar, que la región creció 11,7 % anual en el 2021, lo que implicó una recuperación de su economía, luego de su retroceso de 9,3 % en 2020 por la pandemia del COVID-19 (Tabla 5).

Tabla 5

Valor agregado bruto de la producción, 2013-2022

Actividades	Estructura porcentual	crecimiento promedio anual
Agropecuario	9.0	3.9
Pesca y Acuicultura	2.5	0.0
Minería y Petróleo	10.8	-3.6
Manufactura	14.1	-1.3
Electricidad y agua	1.8	4.4
Construcción	8.8	7.7
Comercio	13.7	2.3
Transporte y comunicaciones	6.9	1.5
Alojamiento y restaurantes	2.2	1.7
Telecomunicaciones	3.7	7.8
Adm. Pública y Defensa	6.2	3.6
Otros servicios	20.5	2.9
Piura	100	2,0

Fuente: INEI

## 2.10.2. Evolución de la estructura productiva

En los últimos 50 años la economía de la cuenca Piura ha estado caracterizada por etapas de crecimiento y otras de recesión generando indicadores económicos de comportamiento mixto (BCR, 2021). En el mes de enero del 2021, se incrementó la producción pesquera (137,5 %), la producción industrial (30,2 %), los despachos de cemento (31,7 %), la inversión pública (30,0 %) y el crédito (11,9 %), en tanto, el sector agropecuario se contrajo en 7,1 % y el de hidrocarburos en 17,5 %, que en global generan un aporte al PBI nacional de 3.98 % (INEI, 2022) (Figura 15).

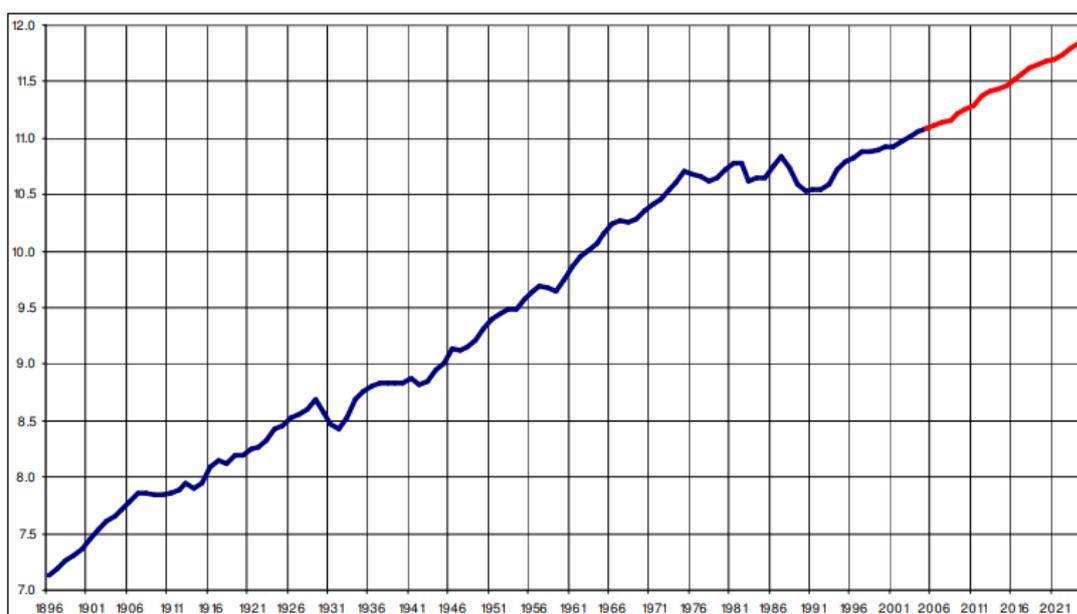


Figura 15. Producto Bruto Interno de la cuenca Piura 1896-2025. Fuente: BCR,2021

## 2.10.3. Actividades económicas

### 2.10.3.1. Actividad Minera:

Actividad localizada en Bayóvar y Tambogrande, en los yacimientos de fosfato, baritina, bentonita, gas, potasio, carbón, azufre, sal, yeso, diatomitas, cobre, molibdeno, plomo, plata, zinc, tungsteno, titanio, yacimientos petrolíferos y auríferos. En Sechura se sitúa la

Empresa Minera Grau Bayóvar, constituida en 1991, que tiene los derechos de propiedad sobre las concesiones mineras de minerales no metálicos.

#### ***2.10.3.2. Actividad Agropecuaria:***

Actividad que concentra aproximadamente el 37% de la PEA regional. En los últimos años, este sector experimentó un crecimiento de 24,5% debido principalmente a mejores condiciones climáticas. Sin embargo, la sobreproducción, en los valles del Chira y Piura, causó un exceso en la oferta de los productos y una caída en sus precios, perjudicando a los productores y agricultores.

#### ***2.10.3.3. Actividad Pesquera:***

El litoral piurano, comprende tres puertos pesqueros importantes: Paita, Parachique (Bayovar) y Máncora (Talara), los cuales cuentan con un enorme potencial de recursos hidrobiológicos, permitiendo desarrollar la actividad pesquera, artesanal e industrial.

#### ***2.10.3.4. Actividad Industrial:***

La infraestructura para el procesamiento industrial se concentra en las ciudades de Piura, Sullana, Talara y Paita, y está orientada básicamente a la transformación del petróleo, al desmote de algodón, el pilado de arroz, la producción de harina de pescado y al procesamiento de pescado congelado.

### **2.11 Principales Variables Económicas de la cuenca Piura**

#### **2.11.1. Agricultura y Pesca**

La agricultura de la región experimentó, en los años recientes varios procesos que terminaron mellando su dinamismo incluso sometiéndose a un proceso de estancamiento, como lo fue los eventos climáticos extremos de 1983 y 1998, recientemente se han hecho múltiples esfuerzos para dinamizar la economía nacional como elevar los estándares de productividad vía los tratados internacionales de libre comercio y apoyo directo a los agricultores con semillas e insumos

agrícolas. A diferencia de la agricultura en el ámbito de la pesca es posible apreciar una clara tendencia creciente en las tres últimas décadas que se explica en lo fundamental por las inversiones realizadas para promocionar el dinamismo del sector. En resumen, la participación de estas actividades en la economía de la cuenca muestra una leve tendencia creciente, puesto que aumenta de 11.4% a 12.3% durante el periodo de estimación (Figura 16)

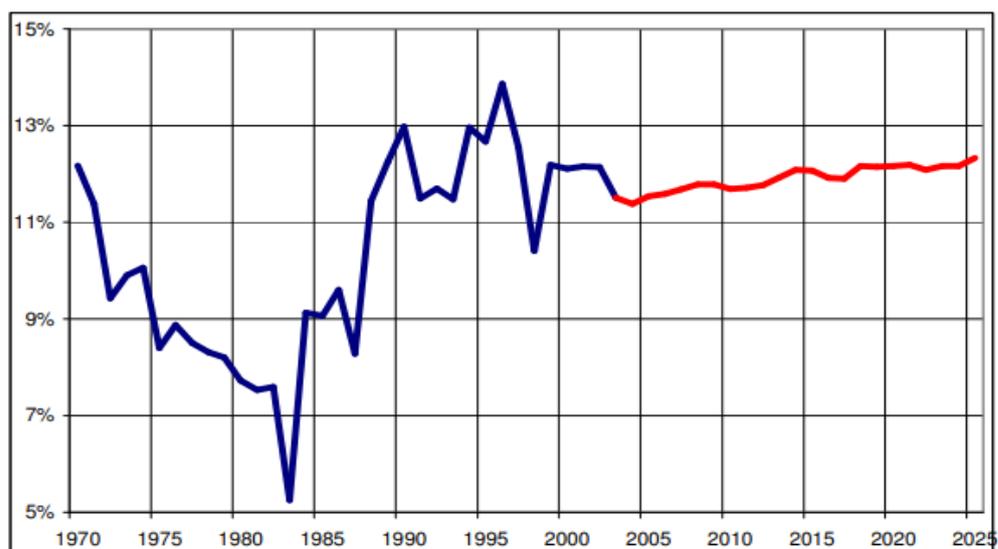


Figura 16. Evolución del sector agricultura y pesca en la cuenca Piura,1970-2025. Fuente: BCR, (2021)

### 2.11.2. Actividades Industriales

La actividad industrial en Piura inicialmente se concentró en la provincia de Talara donde la International Petroleum Company construyó un complejo petroquímico para aprovechar los metales no metálicos de los yacimientos de la Brea y Pariñas. En este sentido la dinámica del petróleo explica también el comportamiento de las industrias manufactureras ya que es un componente importante de la misma. Sin embargo, se ve compensada por el dinamismo de las otras ramas que aún no se encuentran plenamente desarrolladas como la agroindustria, la industria textil y las actividades ligadas a la pesca (Figura 17)

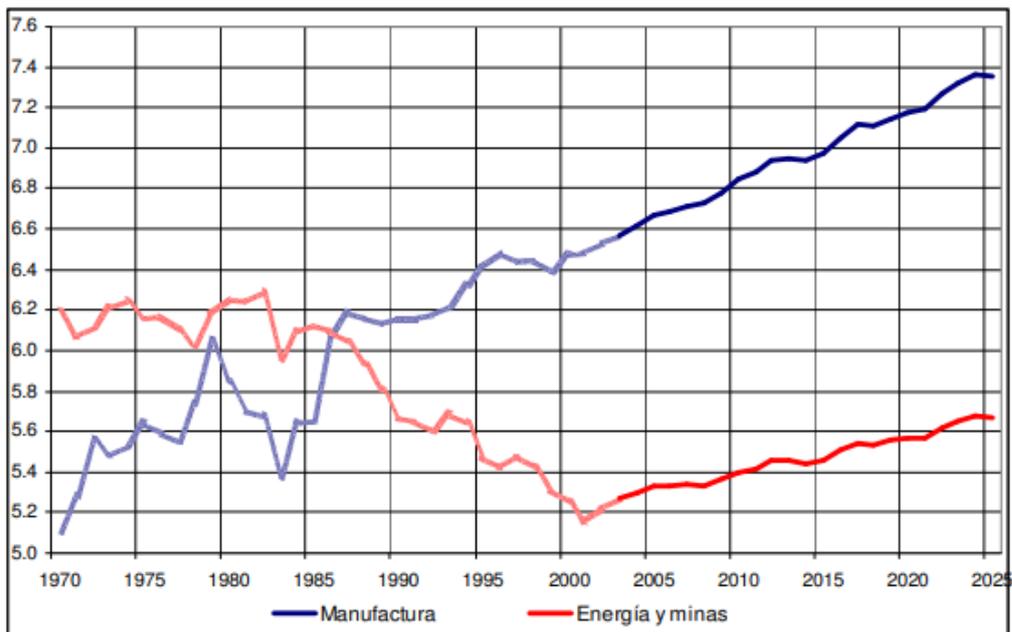


Figura 17. PBI de las actividades industriales, 1970-2025. Fuente: BCR (2021)

### 2.11.3. Servicios

Para tener una idea clara de este sector se debe examinar el patrón de desarrollo considerando el conjunto complejo de determinaciones que regulan la dinámica de la población del departamento: urbanización, migración interna y externa y las tendencias de los distintos indicadores demográficos. El crecimiento de sus ciudades y de su población origina un desarrollo semejante en las distintas ramas que componen el sector: comercio, transporte, bancos y servicios empresariales (Figura 18).

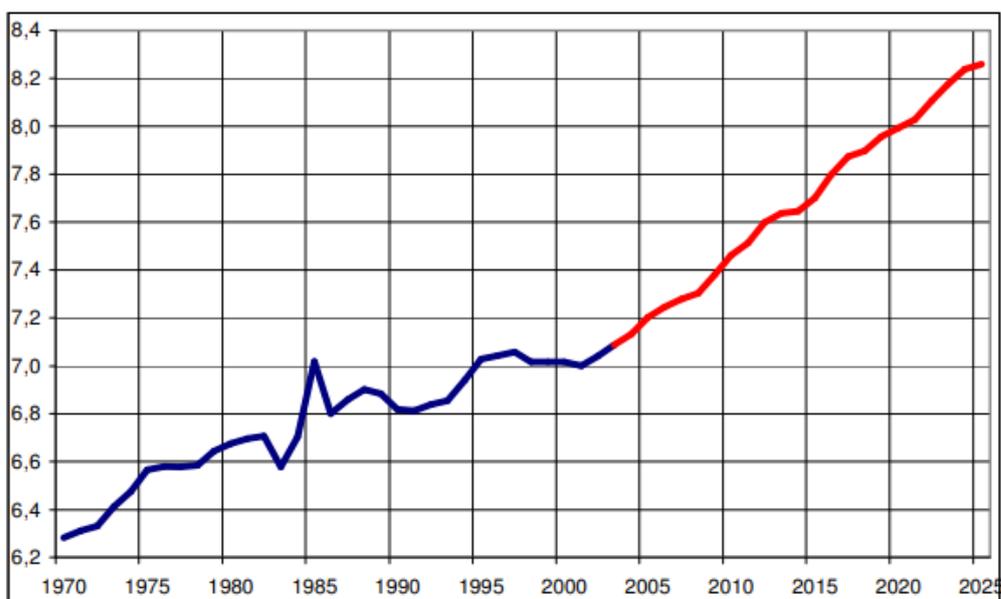


Figura 18. Piura: PBI servicios, 1970-2025. Fuente BCR (2021)

#### 2.11.4. Construcción

El sector construcción ha mostrado en el pasado, una trayectoria bastante irregular, donde son comunes las fluctuaciones violentas que tiende a combinarse con grandes depresiones. Es posible comprender esta singular dinámica considerando dos factores: los grandes proyectos de irrigación y los de infraestructura petrolera que generaron un boom de la construcción en su tiempo. Terminada ésta, se produjo una depresión de la actividad que fue paliada en parte por las actividades orientadas a reparar los daños por el FEN de 1983 y 1998. El proyecto más importante de inversión pública programado para la región es el corredor de integración Bioceánico Perú -Brasil, que desembocan en los puertos de la región. De llevarse a cabo el proyecto, generaría una intensa dinámica en el sector construcción puesto que demandará la construcción de nueva infraestructura y modernización de la existente (Figura 19)

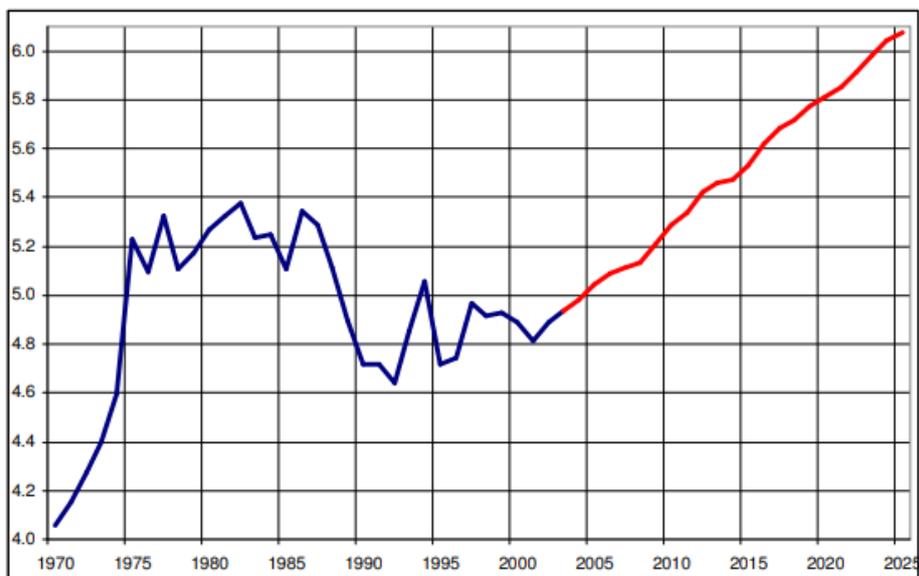


Figura 19. Piura, PBI construcción, 1970-2025. Fuente (BCR, 2021)

## 2.12 Principales variables sociales de la cuenca Piura

El poblamiento de la cuenca Piura ha evolucionado paralelamente a la historia del Perú, tanto en su composición como en sus características, nivel cultural, ocupación y distribución. Aún quedan huellas y restos de los primitivos pobladores asentados en la cuenca, por ejemplo, en la parte alta del distrito de Lalaquíz (parte alta de la cuenca) quedan vestigios de andenes; en Frías, existen petroglifos, ciudadelas y prácticas incaicas de conservación de suelos. En la zona media de la cuenca existen los restos arqueológicos como Vicús y Tallán; los pobladores del pueblo de Simbilá en el Bajo Piura han heredado la costumbre de los ceramistas Vicús y plasman este legado en las tinajas utilizadas para la preparación de la chicha de jora.

### **III. CAPÍTULO III: PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA REGIÓN PIURA**

#### **3.1 Generalidades**

Los peligros geológicos son procesos naturales que podrían ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, daños a la propiedad, pérdida de servicios y medios de sustento, trastornos sociales y económicos por daños materiales. Pueden generarse al interior (endógenos) o en la superficie de la tierra (exógenos). Los terremotos, tsunamis, actividad y emisiones volcánicas, son endógenos y los movimientos en masa (deslizamientos, aludes, desprendimientos de rocas, derrumbes, avalanchas, aluviones, huaycos, flujos de barro, hundimientos, erosión e inundaciones son fenómenos geológicos exógenos. La frecuencia de peligros en la región Piura, teniendo en cuenta la complejidad geológica-geomorfológica, la variabilidad climática y la alta sismicidad, nos indica que la frecuencia de inundaciones, erosión fluvial, movimientos en masa y sismos, se dan en ese orden.

#### **3.2 Anomalías geológicas que generan peligros geológicos**

##### **3.2.1. Licuefacción de suelos**

El suelo sobre el que se encuentra emplazado la población en general está constituido principalmente de arenas y limos, se ha reportado salidas subterráneas de agua y eyecciones de arena en distintos lugares de la ciudad como secuela del movimiento sísmico. A este fenómeno se le conoce como Licuefacción de suelos. El fundamento teórico de la licuefacción se basa en que los sedimentos arenosos sin cohesión y los depósitos de limos suelen tener una resistencia alta al corte, soportando grandes cargas sin producir alteraciones en su estructura interna. Pero, pueden perder su resistencia cambiando su estado al pasar de sólido a líquido (Allen, 1997). Un mecanismo de licuefacción es la fluidización (Allen, 1982), la cual implica la existencia de una fase

fluida en movimiento de ascenso relativo con respecto al sedimento, aunque no es una condición necesaria para la licuefacción.

### 3.2.2. Agrietamiento de suelos

Durante los trabajos de evaluación de daños, se han observado grietas con longitudes decimétricas a centimétricas, con aperturas de hasta 50 cm y profundidades de hasta 0.5 m. El suelo donde se presenta mayormente este fenómeno es arenoso y gravoso. Estas grietas del suelo generaron a su vez la surgencia de aguas de color negro, tal como lo señalan los pobladores de Isla San Lorenzo.

### 3.3 Incidencia de peligros geológicos en la región Piura

El método de ponderación de factores, denominado también método heurístico, indirecto-cualitativo permite tratar los elementos geológicos como factores condicionantes a los movimientos en masa y su ponderación permite alcanzar los siguientes valores: litología 35%, pendientes 25 %, geomorfología 15 %, hidrogeología 15 %, cobertura vegetal y uso del suelo 10 % como contribuyentes a los peligros de carácter geológico en la región Piura (Figura 20)

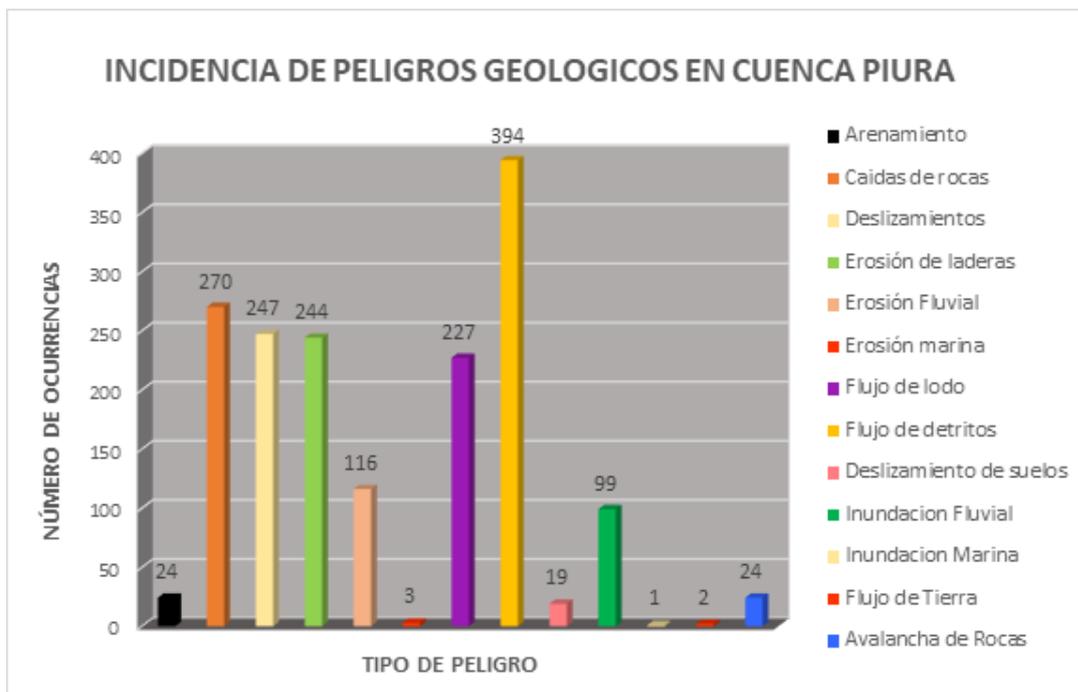


Figura 20. Estadística de Peligros Geológicos en la región Piura. Fuente: Ingemmet, 2009

Asimismo, el análisis de peligros geológicos y geohidrológicos revela que los flujos de detritos ocupan el primer lugar con 25.32 %, le siguen las caídas de rocas con 15.41 %, deslizamientos con 14.89 %, erosión de laderas con 13.10 %, flujo de lodo con 7.82 %, erosión fluvial con 6.33 %, inundación fluvial con 4.17%, deslizamiento traslacional con 3.14 %, arenamientos y avalancha de rocas con 1.86 %, reptación de suelos con 1.56 %, caída de rocas con 1.41 %, flujo de tierra con 0.30 %, erosión marina con 0.22 % e inundación marina con 0.15 %.

### **3.4 Infraestructura y zonas vulnerables a peligro geológicos**

La infraestructura de la región susceptible a este tipo de peligros, son las carreteras de penetración hacia el interior como la de Ayabaca, Huancabamba, Huarmaca, carretera que conecta Paimas y Suyo. Se tiene infraestructura hídrica muy importante como las represas de Poechos, San Lorenzo, Ejidos, la presa derivadora Sullana, los canales Miguel Checa y Daniel Escobar. Además, se tiene cuatro aeropuertos, cuatro muelles importantes, ocho centrales hidroeléctricas y nueve centrales térmicas. También se puede mencionar la existencia de 48 zonas críticas relacionadas a peligros geológicos y geohidrológicos, entre las que destacan: valle del río Piura entre las localidades de Catacaos, puente Independencia, fundo La Joya; puente Salitral; puente Carrasquillo; Castilla; puente Sechura; carretera Olmos-Pucará. Valle del río Chira entre las localidades de Amotape-Vichayal; Amotape-Tamarindo-La Huaca; Salitral-Sullana. Sausal en Ayabaca, carretera Olmos-Pucará; Panamericana Norte km 85+000 al km 90+001; Panamericana Norte entre el km 109+000 al km 111+901; Panamericana Norte entre la quebrada El Verde y el distrito de Los Órganos; Panamericana Norte entre los Órganos y Máncora; Talara; carretera Talara-Negritos; Panamericana Norte entre la Brea y el desvío Talara-Tumbes; Panamericana Norte km 1067 al km 1075; carretera Amotape-Talara; Panamericana Norte km 1046 al km 1058; entre la Quebrada Samán y Quebrada Charanal;carretera a Huancabamba-Sondor-Tacarpo; poblado de Huancabamba; carretera Huancabamba-Sondorillo-Huarmaca; carretera San Miguel del Faique-Huarmaca.

### **3.5 Zonas Críticas por Peligros Geológicos**

#### **3.5.1. Zonas de muy alta vulnerabilidad a Inundaciones**

El análisis de factores condicionantes provenientes de la geomorfología y la pendiente de los terrenos, evidencia las zonas de alta susceptibilidad las que, corresponden a las llanuras de inundación ocasional a excepcional en la cuenca media baja del río Piura; inundaciones y erosión fluvial con precipitaciones pluviales periódicas y excepcionales a lo largo de valles de los ríos Quiroz, Chipillico, Chignia, Huancabamba y Olmos; se producen inundaciones también a lo largo de la planicie alta denominada meseta andina y relieve depresionado en la costa; se incluyen zonas urbanas y asentamientos urbanos ubicados dentro de las áreas de inundación normal a excepcional, terrenos de cultivo y vías de comunicación. Las zonas de moderada susceptibilidad a las inundaciones corresponden a los terrenos bajos adyacentes a la llanura de inundación, conformada por terrazas, en el valle del río Quiroz en su cuenca media; erosión fluvial con precipitaciones pluviales excepcionales en quebradas y valles de zonas plano onduladas y montañosas. Inundaciones en terrenos plano-ondulados donde se ubican poblados importantes (Sullana, Las Lomas). Procesos de inundación pluvial en un inicio, luego por concentración de escorrentía se forman cursos de agua a través de terrenos planos ondulados de la planicie costera y terrazas antiguas levantadas.

#### **3.5.2. Zonas de muy alta vulnerabilidad a movimientos de masa**

La estimación de la susceptibilidad a los movimientos de masa se expresa en cinco categorías: muy baja, baja, moderada, alta y muy alta. Las zonas de alta susceptibilidad, están vinculadas a substratos rocosos conformado por rocas volcánico-sedimentarias (areniscas, lutitas, andesitas), rocas intrusivas (granodiorita, granito, tonalita) y rocas volcánicas (andesitas), muy fracturadas y alteradas asociadas a suelos arcillo-limosos, limo-arcillosos y areno-limosos; en morfologías de montañas, colinas y planicies con

pendientes de entre 15° y 45°. En esta zona destaca los cerros Amotapes, Illescas, laderas de montañas donde se ubican las localidades de Canchaque, Sicches, Ayabaca, Montero, Buenos Aires, Sapillica y Huarmaca y las localidades de Huancabamba, Bigote, Frías, Lagunas, Sondor, Sondorillo, Yamango y Tunal (Figura 21).

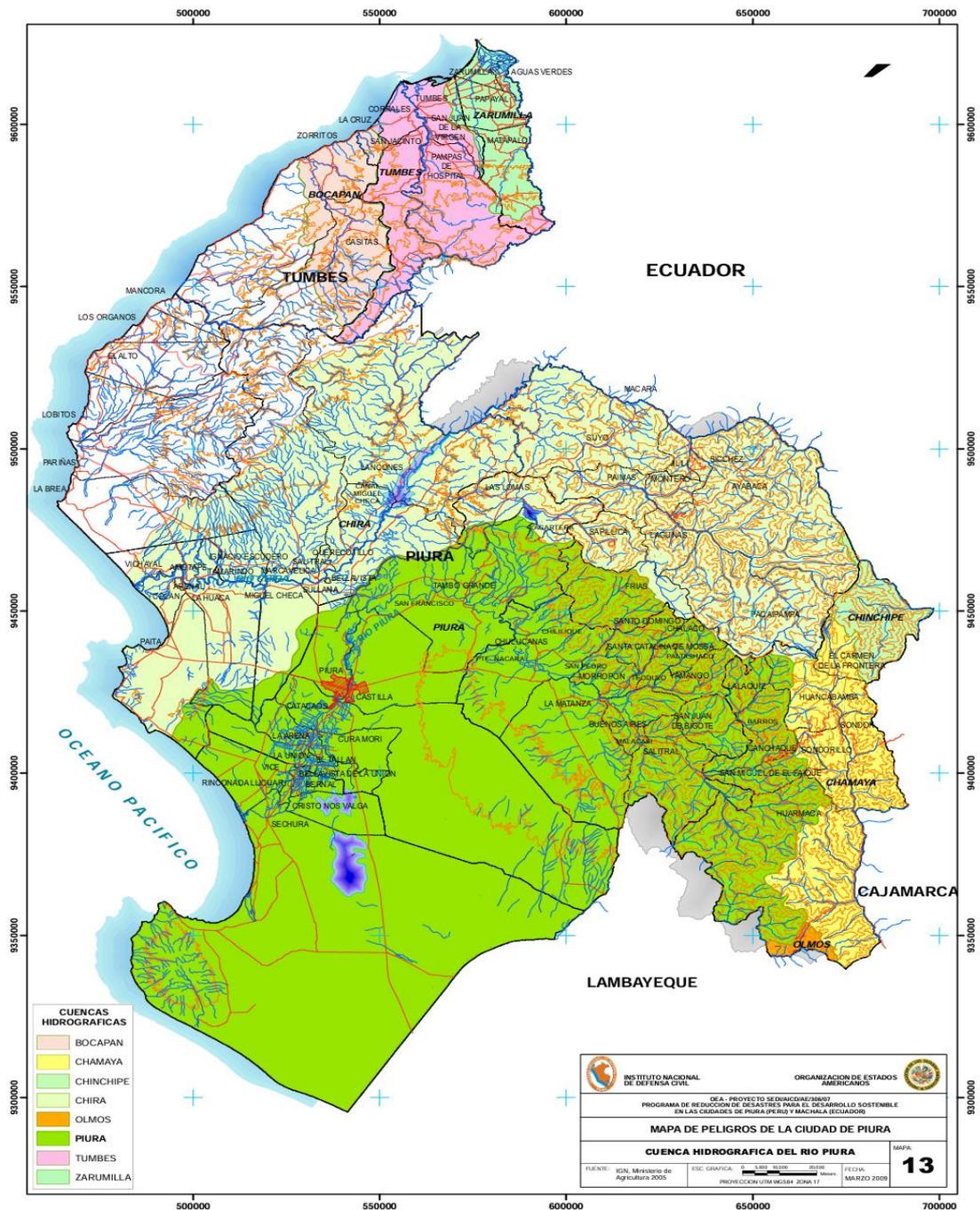


Figura 21. Mapa de peligros geológicos en la cuenca Piura. Fuente: (Gobierno Regional de Piura., 2009)

#### IV. CAPÍTULO IV: La Vulnerabilidad de la cuenca Piura

En el marco de la Ley N° 29664 del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y de su Reglamento el D.S. N°048-2011-PCM se define la vulnerabilidad como la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza, siendo sus principales factores la exposición, la fragilidad y la resiliencia (figura 22)



Figura 22. Factores de la vulnerabilidad: exposición, fragilidad y resiliencia. Fuente: CAN (2014)

Piura es una de las regiones más vulnerables ante un probable movimiento telúrico dado a que las viviendas y estructuras de la región quedaron sumamente afectadas a causa del fenómeno 'Niño Costero', siendo las zonas más vulnerables Piura centro, por la cantidad de casonas antiguas que existen. En la periferia zonas como el asentamiento Los Polvorines en el distrito Veintiséis de Octubre, en el distrito de Castilla y el Bajo Piura también son altamente vulnerables dado que en esta última zona gran porcentaje de las viviendas son de adobe. Por otro lado, Piura encabeza la lista de regiones más afectadas ante el FEN. De acuerdo con el Cenepred, la provincia de Morropón presenta un nivel de riesgo por lluvias intensas muy alto, ya que un importante número de las viviendas están hechas de adobe, quincha, madera y esteras, y las edificaciones presentan un estado de conservación muy malo a malo.

## 4.1 La Vulnerabilidad y su Estratificación.

Para fines de la Evaluación de Riesgos, las zonas de vulnerabilidad pueden estratificarse en cuatro niveles: bajo, media, alta y muy alta, cuyas características y su valor correspondiente (Tabla 6).

Tabla 6.

Matriz de vulnerabilidad. Fuente CENEPRED

NIVEL	DECRIPCIÓN	RANGO
VULNERABILIDAD MUY ALTA	Grupo etario: de 0 a 5 años y mayor a 65 años. Servicios educativos expuestos: mayor a 75% del servicio educativo expuesto. Servicios de salud terciarios expuestos: mayor a 60% del servicio de salud expuesto. Materia de construcción: estera/cartón. Estado de conservación de la edificación: Muy malo. Topografía del terreno: $50\% \leq P \leq 80\%$ . Configuración de elevación de la edificación: 5 pisos. Incumplimiento de procedimientos constructivos de acuerdo a normatividad vigente: mayor a 80%. Localización de la edificación: Muy cerca 0 a 0.20km. Servicios de agua y desagüe: mayor a 75% del servicio expuesto. Servicio de empresas eléctricas expuestas: mayor a 75%. Servicio de empresas de distribución de combustible y gas: mayor a 75%. Servicio de empresas de transporte expuesto: mayor a 75%. Área agrícola: mayor a 75%. Servicios de telecomunicación: mayor a 75%. Antigüedad de construcción: de 40 a 50 años. PEA desocupada: escaso acceso y la no permanencia a un puesto de trabajo. Organización y capacitación institucional: presentan poca efectividad en su gestión, desprestigio y aprobación popular. Deforestación: áreas sin vegetación, terrenos eriazos. Flora y fauna: 76 a 100% expuesta. Pérdida de suelo: erosión provocada por lluvias. Pérdida de agua: demanda agrícola y pérdida por contaminación.	$0.260 \leq R < 0.503$
VULNERABILIDAD ALTA	Grupo etario: de 5 a 12 años y de 60 a 65 años. Servicios educativos expuestos: menor o igual a 75% y mayor a 50% del servicio educativo expuesto. Servicios de salud terciarios expuestos: menor o igual a 60% y mayor a 35% del servicio de salud expuesto. Materia de construcción: madera. Estado de conservación de la edificación: Malo. Topografía del terreno: $30\% \leq P \leq 50\%$ . Configuración de elevación de la edificación: 4. Actitud frente al riesgo: escasamente provisoria de la mayoría de la población. Localización de la edificación: cercana 0.20 a 1km. Servicios de agua y desagüe: menor o igual 75% y mayor a 50% del servicio expuesto. Servicios de agua y desagüe: mayor a 75% del servicio expuesto. Servicio de empresas eléctricas expuestas: menor a 75% y mayor a 50%. Servicio de empresas de distribución de combustible y gas: menor o igual 75% y mayor a 50%. Servicio de empresas de transporte expuesto: menor o igual 75% y mayor a 50%. Servicios de telecomunicación: menor o igual 75% y mayor a 50%. Área agrícola: menor o igual 75% y mayor a 50%.	$0.134 \leq R < 0.260$
VULNERABILIDAD MEDIA	Grupo etario: de 12 a 15 años y de 50 a 60 años. Grupo etario: de 5 a 12 años y de 60 a 65 años. Servicios educativos expuestos: menor o igual a 50% y mayor a 25% del servicio educativo expuesto. Servicios de salud terciarios expuestos: menor o igual a 35% y mayor a 20% del servicio de salud expuesto. Materia de construcción: quincha (caña con barro). Estado de conservación de la edificación: Regular. Topografía del terreno: $20\% \leq P \leq 30\%$ . Actitud frente al riesgo: parcialmente provisoria de la mayoría de la población, asumiendo el riesgo sin implementación de medidas para prevenir. Localización de la edificación: medianamente cerca 1 a 3km. Servicios de agua y desagüe: menor o igual 50% y mayor a 25% del servicio expuesto. Servicios de agua y desagüe: mayor a 75% del servicio expuesto. Servicio de empresas eléctricas expuestas: menor o igual a 25% y mayor a 10%. Servicio de empresas de distribución de combustible y gas: menor o igual a 50% y mayor a 25%.	$0.068 \leq R < 0.134$
VULNERABILIDAD BAJA	Grupo etario: de 15 a 50 años. Grupo etario: de 5 a 12 años y de 60 a 65 años. Servicios educativos expuestos: menor o igual a 25% del servicio educativo expuesto. Servicios de salud terciarios expuestos: menor o igual a 20% del servicio de salud expuesto. Materia de construcción: ladrillo o bloque de cemento. Estado de conservación de la edificación: Bueno a muy bueno. Topografía del terreno: $P \leq 10\%$ . Configuración de elevación de la edificación: menos de 2 pisos. Incumplimiento de procedimientos constructivos de acuerdo a normatividad vigente: menor a 40%. Actitud frente al riesgo: parcial y/o provisoria de la mayoría o totalidad de la población, implementando medidas para prevenir el riesgo. Localización de la edificación: alejada a muy alejada mayor a 3km.	$0.035 \leq R < 0.068$

## **4.2 La vulnerabilidad y sus Principales Factores**

### **4.2.1. Exposición:**

La Exposición, está referida a las decisiones y prácticas que ubican al ser humano y sus medios de vida en la zona de impacto de un peligro, se genera por una relación inapropiada con el ambiente, debido a procesos no planificados de crecimiento demográfico u ordenamiento territorial, a proceso migratorios desordenados, o de urbanización sin un adecuado manejo del territorio y/o a políticas de desarrollo económico no sostenibles. A mayor exposición, mayor vulnerabilidad. Con este componente como factor riesgo se analizan las unidades sociales expuestas (población, unidades productivas, líneas vitales, infraestructura u otros elementos) a los peligros identificados. (Figura 23)



Figura 23. Edificaciones expuestas y susceptibles a un peligro de origen natural. Lluvias moderadas demuestran una vez más la vulnerabilidad de la Región Piura. Fuente: Diario El Regional de Piura.

### **4.2.2. Fragilidad**

La Fragilidad, está referida a las condiciones de desventaja o debilidad relativa del ser humano y sus medios de vida frente a un peligro. En general, está centrada en las

condiciones físicas de una comunidad o sociedad de origen interno. A mayor fragilidad, mayor vulnerabilidad (Figura 24).



Figura 24. Viviendas inadecuadas o precarias en la región Piura: Fuente Peru21 (2014)

### **4.2.3. Resiliencia**

La Resiliencia, está referida al nivel de asimilación o capacidad de recuperación del ser humano y sus medios de vida frente a la ocurrencia de un peligro. Está asociada a condiciones sociales y de organización de la población. A mayor resiliencia, menor vulnerabilidad (Figura 25).



Figura 25. Organización de la población civil ante una inundación en la región Piura. Fuente Perú 21

## V. CAPÍTULO V: CAMBIO CLIMÁTICO Y RIESGO DE DESASTRES.

### 5.1 Introducción

La gestión del riesgo de desastres en cambio climático es un concepto que trata de los procesos sociales a través de los cuales se diseñan, aplican y evalúan estrategias, políticas y medidas para mejorar el conocimiento del riesgo de desastre a fin de fomentar su reducción, transferencia y promoción en ciclos de mejora continua, con el propósito explícito de aumentar la seguridad humana, el bienestar, la calidad de vida y desarrollo sostenible (IPCC, 2014). Implica intervenciones en los procesos de desarrollo para estimar, prevenir y reducir las causas que generan la exposición, los peligros y la vulnerabilidad; en este sentido, la gestión del riesgo de desastres es integral (Figura 26) y considera cada momento como un continuo de riesgo que se transforma en el tiempo y se expresa materialmente a través de condiciones adversas, pérdidas y daños de diversa índole.

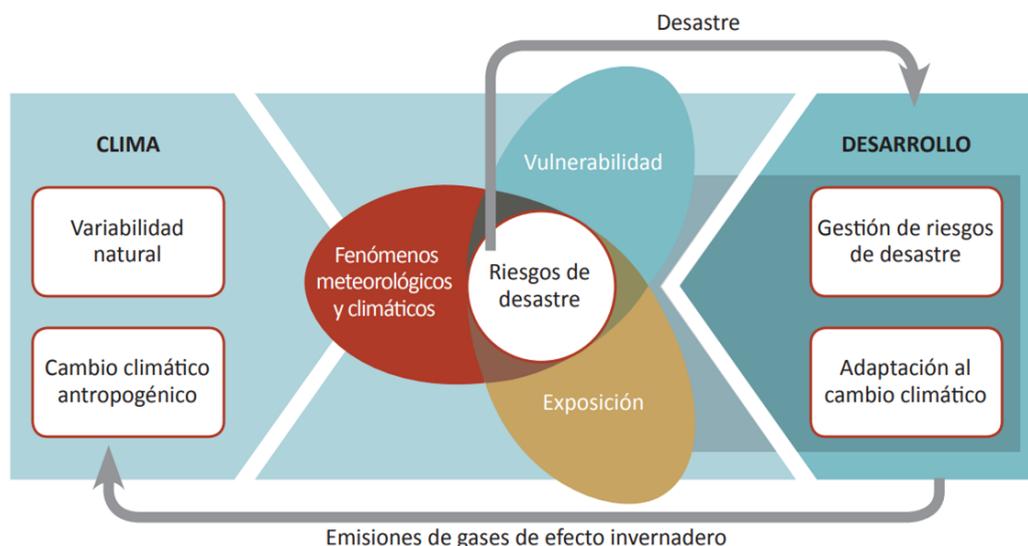


Figura 26. Vínculo entre la gestión del riesgo y adaptación al cambio climático. Fuente IPCC, 2012

La gestión de riesgos, busca inducir acciones y mejoras en las prácticas ante eventos hidrometeorológicos y oceanográficos anómalos, a los cuales se asocian los desastres, y que

acompañan el proceso de calentamiento global y cambio climático. En la medida que estas anomalías acentúan los peligros se debe postular que la gestión del riesgo asumirá un rol de mayor trascendencia en el proceso de planificación del desarrollo sostenible.

## **5.2 La gestión del riesgo en el contexto de cambio climático.**

La gestión del riesgo admite distintos tratamientos temporales y temáticos. Es común referirse a ella en función del riesgo plasmado en la sociedad, identificando la gestión correctiva, la gestión prospectiva y la gestión reactiva frente al riesgo. La gestión correctiva y la gestión reactiva han sido las más comunes históricamente. La gestión prospectiva, es reciente en términos de su desarrollo, nos brinda una concepción de la gestión del riesgo como aspecto de la planificación del desarrollo sostenible.

### **5.2.1. Gestión prospectiva**

La gestión prospectiva es un conjunto de acciones planificadas que se realizan con el fin de evitar y prevenir la generación de riesgos futuros, vulnerabilidad, peligros o mayor exposición (Sinagerd, 2011). La gestión prospectiva está directamente en función del riesgo que aún no existe, pero que podría presentarse en el futuro con la ejecución de nuevas iniciativas en inversión, planificación o eventos climáticos. Esta prospección implica analizar el riesgo a futuro para definir el nivel de “riesgo aceptable”. Son ejemplos de gestión prospectiva el diseño de proyectos estándares de riesgo socialmente aceptables, búsqueda de formas alternativas de usos productivos a terrenos peligrosos (MEF, 2007). El cambio climático, con todas las incertidumbres que comprende, debe considerarse en todo proceso de gestión prospectiva del riesgo de desastres.

### **5.2.2. Gestión correctiva**

La gestión correctiva es el conjunto de acciones que se planifica y realiza con el objetivo de corregir, reducir o mitigar el riesgo presente (Sinagerd, 2011), son ejemplos, la reubicación de comunidades en peligro, la reconstrucción o la adaptación de edificaciones

vulnerables, la recuperación de cuencas degradadas, la construcción de diques en zonas amenazadas, la limpieza de canales y alcantarillas, la canalización de ríos, el dragado de ríos y reservorios, así como acciones de capacitación, participación y concertación (MEF, 2007). Con el cambio climático ya plasmado, y posiblemente afectando los niveles de riesgo ya existentes, los eventos pequeños y medianos podrían asumir un lugar importante en los procesos de evaluación y conocimiento del riesgo actual, sujeto a mecanismos de gestión correctiva siendo necesario su implementación.

### **5.2.3. Gestión reactiva**

El conjunto de acciones y medidas destinadas a enfrentar los desastres, sea por un peligro inminente o por la materialización del riesgo, se considera gestión reactiva del riesgo. Sus mecanismos incluyen todo instrumento útil para compartir o transferir el riesgo (seguros, fondos de compensación, etc.) y los preparativos y planes de respuesta ante desastres, incluyendo aquellos de rehabilitación. La identificación de los principales eventos de origen natural asociados al Fenómeno El Niño, está centrado básicamente a las inundaciones por lo cual es importante su identificación, análisis y mapeo de los peligros que puedan afectar a la población asentada en la cuenca del río Piura. Identificado las áreas susceptibles o áreas con mayor predisposición a la ocurrencia del fenómeno, las cuales, fueron determinadas mediante la revisión de los registros de eventos extremos y emergencias pasadas.

### **5.3 El Peligros en la cuenca Piura.**

El peligro, es la probabilidad de que un fenómeno, potencialmente dañino, de origen natural, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un período de

tiempo y frecuencia definidos. Por lo tanto, las áreas susceptibles serán categorizadas de acuerdo con su nivel de peligrosidad para la población y sus medios de vida (Tabla 7).

Tabla 7:

Tipificación del evento, su intensidad y fuente.

<b>TIPO</b>	<b>EVENTO</b>	<b>INTENSIDAD</b>	<b>FUENTE</b>
Originados por fenómenos de geodinámica interna	Sismo	Bajo	IGP (Sigrid)
Originados por fenómenos de geodinámica externa	Deslizamiento	Bajo	INGEMMET Sigrid)
	Flujo de detritos	Bajo	INGEMMET Sigrid)
Originados por fenómenos hidrometeorológicos y oceanográficos	Inundación	Media	Identificación de zonas vulnerables ante inundaciones en ríos y quebradas 2016 " elaborado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), SENAMHI, SIGRID, SINPAD
	Lluvias intensas	Alta	

### **5.3.1. Identificación de los peligros**

Se realizó un análisis de los eventos históricos, por tipo de peligro, para la cuenca del río Piura, identificándose que las inundaciones son de mayor intensidad y frecuencia; en tal sentido, en el siguiente cuadro se realiza un resumen los peligros identificados en la zona de estudio: Los factores condicionantes son aquellos que dependen de la naturaleza, estructura y forma del terreno, y según estas, contribuyen de mayor o menor medida a la generación de las inundaciones. Otra forma de identificarlos es estando in situ todo lo que identifiquemos a nuestro alrededor. Los factores desencadenantes, son factores que actúan desde fuera del medio que se estudia, provocando o desencadenando de manera favorable a la detonación o aparición de las inundaciones.

Topografía: Un factor base para el desarrollo de un modelamiento hidráulico fluvial es la topografía, batimetría del cauce, dicha información describe el ancho y profundidad del río con su capacidad hidráulica máxima respecto a los taludes y planicies de inundación. La mayor parte de estos tributarios y respectivas subcuencas se ubican en la zona de alto relieve montañoso del Alto Piura, y por lo tanto se convierten con cierta frecuencia en torrentes de agua durante periodos de lluvia. Aguas abajo de Chulucanas, el río abandona el espacio montañoso y emplaza su cauce a través de una llanura levemente ondulada (inicio de la cuenca baja).

Estructuras en el cauce. Las estructuras ubicadas en el cauce afectan el comportamiento del flujo provocando diversos efectos hidráulicos entre los cuales podemos mencionar zonas de remanso, zonas de recirculación de flujo, zonas de erosión localizada, zonas de acumulación de sedimentos entre otros. Del inventario hidráulico de las estructuras en el río Piura podemos indicar que se encuentran puentes y bocatomas, así como obras menores de captación y protección rústica en algunas márgenes. Para la obtención del mapa de peligros del río Piura, en primera instancia se ha elaborado el mapa de susceptibilidad a inundación en categorías que pueden depender de la “Profundidad de agua” (metros) y de la velocidad (m/s).

Profundidad de agua, se entiende como la altura de inundación o de desbordamiento, son los niveles de los ríos que se tienen de referencia como la probabilidad de que se presente una inundación y corresponden también con los niveles a partir de los cuales se comienza a presentar las primeras afectaciones en zona urbanas y rurales. No obstante, a las posibilidades de ambas formas de representación del peligro de inundaciones, se optó por utilizarla “Velocidad \* "Profundidad de agua” como indicador pues al usar dos variables, consideramos un modelo más completo, según lo indicado por CENEPRED v.2.0.

Las profundidades y velocidades máximas de inundación asociadas a los diferentes caudales modelados en el río Piura muestra que las áreas afectadas en asentamientos humanos y zonas productivas afectadas son consistentes con los reportes presentados por INDECI durante eventos de precipitaciones pasadas (FEN 2017). Tras el análisis de datos, se observa que el rango de las profundidades y velocidades máximas alcanzadas en el río Piura para una recurrencia de 100 años, en donde las velocidades superiores a 3 m/s se dan principalmente en el mismo río Piura y quebradas que confluyen al río. En las zonas inundadas y parcelas de cultivo no superan el valor de velocidad de 1 m/s.(Tabla 8).

Tabla N° 8.

Codificación de rangos para velocidad y profundidad de flujo

		Rango	Cod_Rango
Profundidad (m)	Bajo	0.00 - 0.50	1
	Medio	0.50 - 0.75	2
	Alto	0.75 - 1.00	3
	Muy Alto	> 1.00	4

		Rango	Cod_Rango
Velocidad (m/s)	Bajo	0.00 - 0.10	1
	Medio	0.10 - 0.25	2
	Alto	0.25 - 0.50	3
	Muy Alto	> 0.50	4

Seguidamente se establecieron los rangos para el cálculo del mapa de peligros de la cuenca del río Piura.

		Velocidad (m/s)				
		Bajo	Medio	Alto	Muy Alto	
		1	2	3	4	
Profundidad (m)	Bajo	1	Peligro bajo	Peligro medio	Peligro medio	Peligro alto
	Medio	2	Peligro medio	Peligro medio	Peligro alto	Peligro alto
	Alto	3	Peligro medio	Peligro alto	Peligro muy alto	Peligro muy alto
	Muy Alto	4	Peligro alto	Peligro alto	Peligro muy alto	Peligro muy alto

## 5.4 El fenómeno de EL NIÑO en el Perú

Una de las más impactantes anomalías climáticas registradas sobre el planeta es el denominado fenómeno El Niño (FEN), un evento climático considerado por décadas

como un episodio circunscrito a la costa norte del Perú ahora se sabe que tiene enormes repercusiones sobre una vastísima área de la Tierra que abarca desde la India y Europa conjuntamente con América y Australia. La presencia de aguas cálidas a lo largo de la costa peruana, lo identifica y se acentúa en ciertos años, como producto de los cambios que ocurren en las capas superficiales y subsuperficiales del océano, vinculadas a interacciones complejas con la atmósfera ocurridos en el Océano Pacífico Ecuatorial, lejos de la costa peruana. El Niño es una de las manifestaciones más significativas de la variabilidad interanual del clima de nuestro planeta. La comprensión del fenómeno El Niño, debe generar conciencia sobre la importancia que implica en el sistema de gestión de riesgos en la planificación del desarrollo del Perú.

#### **5.4.1. La definición del fenómeno de El Niño en el tiempo.**

El significado del fenómeno El Niño ha ido cambiando a lo largo de los años. En países como Perú y Ecuador, se denomina “El Niño” al incremento de la Temperatura Superficial del agua del Mar (TSM) en el litoral de la costa oeste de Sudamérica con ocurrencia de lluvias intensas. Antes, era considerado como un fenómeno local, actualmente, se le reconoce como el principal modulador de la variabilidad climática en todo el mundo. El término “El Niño” comprende los cambios en la TSM en el Pacífico ecuatorial central, así como los cambios de la presión atmosférica en el Pacífico, desde Australia hasta Tahití. En los últimos años, para centrar la atención en el proceso de la evolución de las temperaturas de la superficie del océano y en los vientos, los científicos han sectorizado la franja ecuatorial del Océano Pacífico en cuatro cuadrantes. La mayoría de ellos concentran su atención en los cuadrantes Niño 3 y Niño 3.4 para tratar de comprender la formación de este fenómeno. Es importante tener en cuenta que, se consideran episodios cálidos y fríos cuando el índice El niño supera el umbral de +/- 0,5

°C. Cuando dicho umbral es cubierto durante un mínimo de 5 meses continuos, se definen como episodios El Niño (+) o de La Niña (-) (Figura 27).

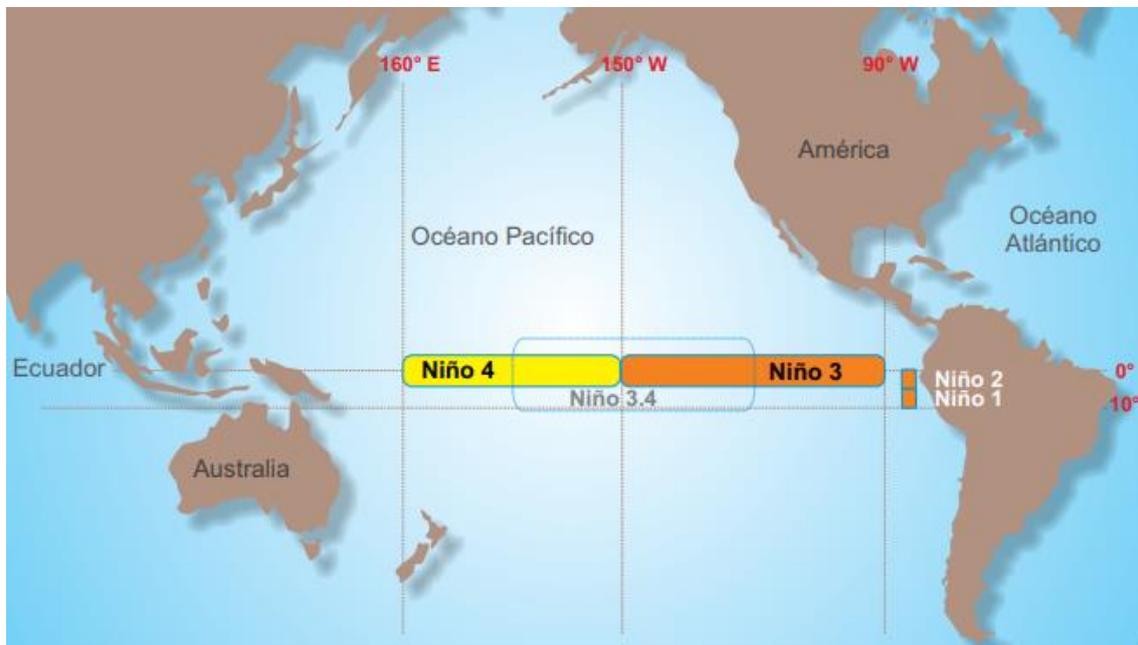


Figura 27. Las cuatro regiones del Océano Pacífico en las que los científicos centran su atención para estudiar los vientos, las temperaturas de la superficie del mar y las precipitaciones. Fuente: NOAA

#### 5.4.2. El Niño-Oscilación del Sur (ENOS)

El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), se trata de un fenómeno climático-oceanográfico en el que interaccionan el océano y la atmósfera en la región tropical del Pacífico central. Éste término se hizo conocido a partir de los años ochenta, cuando la comunidad científica demostró que había una interacción periódica a gran escala entre el océano y la atmósfera con diversos efectos sobre la biodiversidad. Las lluvias afectan la sucesión, la estructura comunitaria y las interacciones tróficas, mientras que la sequía puede facilitar incendios y cambios abruptos de régimen (Meuser, Mooers, & Cleary, 2013). Los vientos alisios empujan el agua a lo largo del ecuador, calentándose durante el viaje, hasta el Pacífico Occidental, donde se acumula y forma una reserva de aguas cálidas. En fase El Niño, los vientos alisios se debilitan a lo largo del ecuador y las aguas cálidas migran hacia el este, provocando un calentamiento anómalo en el Océano Pacífico y una reducción del

surgimiento de aguas frías (McPhaden et al., 2006). La fase cálida del ENOS corresponde a El Niño, mientras que la fase fría del ENOS, corresponde a La Niña (Figura 28).

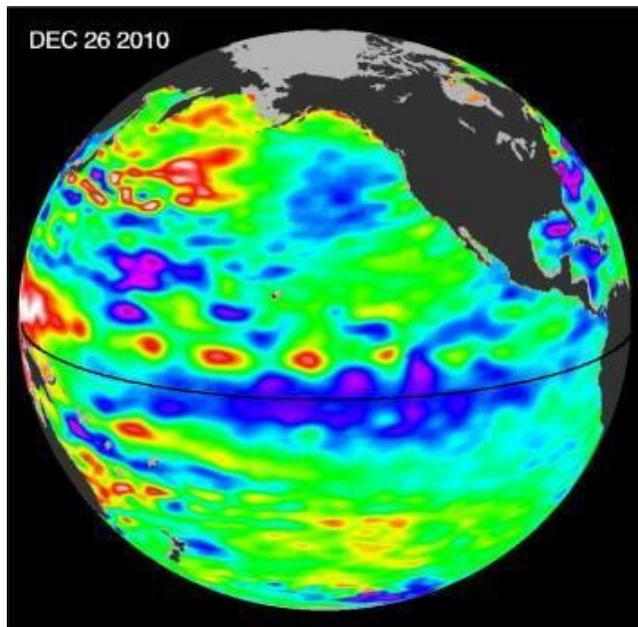


Figura 28. El evento La Niña de 2010-2011 aparece como una franja de agua fría (marcada en tonos azules) a lo largo del ecuador en esta vista del Océano Pacífico desde el espacio. Nota Fuente: Cortesía de NASA/JPL-Caltech.

Los fenómenos de El Niño y La Niña duran entre 6 y 9 meses, pero en algunos casos pueden permanecer en fase varios años y el ENOS se describe de manera general como cuasi periódico en escalas de tiempo de 2 a 6 años (Wood & Sreckovic, 2013). Las reconstrucciones paleoclimáticas muestran un amplio rango en la variabilidad natural de ENOS en los últimos 7.000 años (Cobb et al., 2013), evidenciando que durante el siglo XX fue mayor que en el promedio preindustrial (McGregor et al., 2013).

#### **5.4.3. Peligros de El Niño-Oscilación del Sur**

Los fenómenos asociados con El Niño y La Niña pueden tener efectos devastadores. El Niño de 1982-1983 le costó al Perú aproximadamente 3 283 \$ millones y El Niño de 1997-1998, más de 3 500 \$ millones, lo cual representó el 11,6 % y 6,2% del PBI anual, respectivamente (Sanabria et al., 2018; Vargas, 2009). Sin contar las sequías en 734

distritos, cerca de 2 millones de hogares con más de 7 millones de personas expuestas (SINAGERD et al., 2014). Las regiones con el mayor número de personas expuestas siguen estando en el norte del país: Piura (1,7 millones), Cajamarca (1,2 millones), Lambayeque (0,9 millones), Áncash (0,8 millones), La Libertad (0,5 millones) y Junín (0,4 millones) (CENEPRED, 2023).

#### 5.4.4. El Niño y el Niño Costero

El Niño generalmente es la desviación más extrema del fenómeno ENOS, que tiene efectos dramáticos, en cascada y duraderos en los ecosistemas terrestres y marinos que abarcan numerosas regiones del mundo (Meuser, Mooers, & Cleary, 2013). El evento de calentamiento (El Niño) y enfriamiento (La Niña), van acompañados de cambios atmosféricos (Oscilación del Sur) y pueden modificar profundamente el clima en el Perú, especialmente el patrón de las precipitaciones, ocurren irregularmente y un fenómeno menos común con un impacto similar en el Perú es El Niño costero (Bergmann, et al., 2021). (Figura 29)

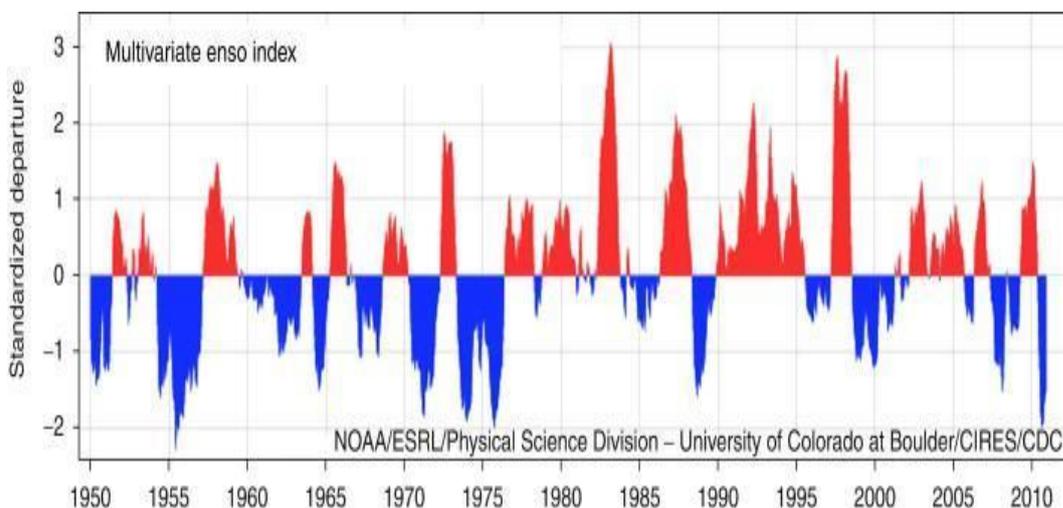


Figura 29: Serie temporal del índice multivariado ENSO de 1950 a 2010. El MEI se basa en seis variables observadas en el Pacífico Tropical. Los valores positivos de MEI (rojo) indican condiciones cálidas de El Niño, mientras que los valores negativos de MEI (azul) indican condiciones frías de La Niña.

#### **5.4.5. El Niño Costero**

El Niño costero ocurre con mayor probabilidad entre enero y abril, cuando las temperaturas de la superficie del mar frente al Perú alcanzan su máximo anual y el calentamiento adicional puede hacer que superen el umbral de convección. Este evento extremo se caracteriza por un fuerte calentamiento en la región Niño 1+2 frente a las costas del Ecuador y el Perú, sin que haya un calentamiento asociado en la región Niño 3.4. Si esta región muestra calentamiento también, El Niño sería considerado como El Niño común “a escala del Pacífico”. Durante el calentamiento, las temperaturas en la región Niño 1+2 tienen que superar el umbral de convección, es decir, la temperatura en la que el aire puede subir a gran altura (aprox. 27°C en el clima actual) (Peng et al., 2019).

#### **5.4.6. Registro Histórico de Eventos FEN en la Región Piura.**

En los últimos cinco siglos ha habido por lo menos 120 episodios El Niño, según las investigaciones históricas recopiladas por Quinn W., Neal V., y Antúnez de Mayolo S. (1986, 1987; IMARPE, 1999; INDECI, 2002). A partir del año 1965, cuando la mayoría de las estaciones meteorológicas e hidrológicas son instaladas en nuestro territorio, se inicia la observación climática de manera sostenida, diversas publicaciones como los boletines de la Sociedad Geográfica de Lima publicados en diciembre de 1897, muestran manuscritos de Antonio Raimondi, que reportan la ocurrencia de eventos extremos asociados al calentamiento marino-costero en el norte del país, lo que según Eguiguren (1895) corresponde a un evento El Niño.

Según Raimondi, El Niño como tal, es conocido desde que civilizaciones pre incas como los Moche, los Lima y los Nazca se asentaron en las costas del Perú antiguo. La geomorfología, los estudios de sedimentos y la paleontología señalan que el Fenómeno El Niño ocurre por lo menos desde hace 40,000 años. Además, estas investigaciones arqueológicas demuestran que cambios drásticos del clima afectaron la costa central del

Perú (Cultura Lima, aproximadamente 400 d.C.) La situación resultó ser especialmente dramática para la nación Moche en la costa norte del Perú (200 – 700 d.C.), donde esta próspera civilización sufrió los estragos de un prolongado e implacable episodio El Niño. Durante el siglo XX y hasta antes de El Niño extraordinario de 1997/98, ocurrieron 25 episodios El Niño de diferente intensidad; los eventos El Niño de 1891 y 1925, fueron eventos de intensidad comparable a los de 1982/83 y 1997/98. En lo que va del siglo XXI, de acuerdo a la Oceanic Niño Index, se han presentado cuatro episodios El Niño en el Pacífico central; dos de intensidad débil (Años 2004/05 y 2006/07) y dos de intensidad moderada (años 2002/03 y 2009/10).

## **VI. CAPÍTULO VI: EL COSTO DE LA MITIGACIÓN**

### **6.1 Introducción**

Las evaluaciones de las implicaciones económicas del cambio climático son insumos importantes para la formulación de políticas económicas en una región. A pesar del esmero en contextualizar las evaluaciones cuantitativas de los costos de mitigación del cambio climático, una corriente de fuerte opinión pública estima que alcanzar los propósitos del Acuerdo de París compromete inversiones macroeconómicas considerables. Esto resulta de una injustificada simplificación u omisión al cuantificar los costos de mitigación, lo cual origina imprecisión en la información y por consiguiente una errada interpretación. En este capítulo se resume los componentes clave que intervienen en las evaluaciones de los costos de mitigación para guiar la interpretación de las estimaciones, se menciona como herramienta clave de gestión, a los lineamientos del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático IPCC y se sugiere las mejoras de los modelos económicos de cambio climático así como alternativas para un marco de mitigación ante posibles nuevos escenarios a fin de los políticos propongan políticas en materia económica además de tener una información centrada que mejore el debate público.

### **6.2 La estimación de los costos de mitigación en los informes del IPCC.**

Los lineamientos de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático indican la necesidad de evaluar los costos macroeconómicos de la mitigación, señalando que “las políticas y medidas para hacer frente al cambio climático deben ser rentables para garantizar beneficios globales al menor costo posible” (United Nations, 1992). Por décadas, el IPCC ha evaluado los costos macroeconómicos de mitigar el cambio climático y ha publicado estimaciones y limitaciones propias a las proyecciones macroeconómicas a largo plazo. Los cálculos de los costos de la mitigación climática

reportadas en el Quinto Informe de Evaluación (AR5) del IPCC sobre las economías que corren mayor riesgo de una transición hacia una economía baja en carbono, han enfatizado la interpretación de que los esfuerzos para mitigar el cambio climático conducirían a pérdidas macroeconómicas significativas (Figura 30) (Weyant, 2017).

	Report	Main Messages	State of Scenario Literature
	FAR (1990)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limitation* and adaptation strategies must be considered as an integrated package and should complement each other to minimize net costs.</li> <li>• Synergies between limitation* and adaptation strategies.</li> <li>• Reducing emissions brings co-benefits (for example, reducing acid rain and ozone depletion)</li> <li>• uncertainty surrounding CoM cited as a reason why the information available was "inadequate to make sound policy decisions" (p.124)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No assessments had been made of economic costs and benefits of mitigation</li> </ul>
	SAR (1996)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Net costs are what matters</li> <li>• 'No-regret potentials' exist</li> <li>• Insights from models more important than numerical results</li> <li>• CoM critically dependent on choice of reference scenario</li> <li>• Large NRPs exist</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Very few studies on CoM available</li> </ul>
	TAR (2001)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Co-benefits of CP may offset CoM leading to 'double dividends'</li> <li>• Challenges to realising NRPs reduce their size</li> <li>• Benefits may offset costs but rarely exceed them.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emergence of studies on local and regional co-benefits of climate mitigation policies</li> </ul>
	AR4 (2007)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• First numerical estimates of global CoM to 2030</li> <li>• Most models show GDP losses but some show gains by assuming baseline is non-optimal (second best).</li> <li>• Modelled costs depend on regional/sectoral resolution, GHG coverage, reference scenarios, and carbon revenue recycling</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• First global estimates of CoM</li> </ul>
	AR5 (2014)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• First numerical estimates of global CoM at century scale</li> <li>• All assessed scenarios led to consumption losses relative to baselines.</li> <li>• Strong focus on non-idealized 2 °C scenarios, showing the extra costs due to, for example, delayed participation</li> <li>• High confidence given to statement of large variability for CoM across scenarios assessed and to higher CoM in delayed or fragmented scenarios</li> <li>• Consumption in baseline grows 300–900%, so losses represent small reduction in wealth</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Growing number and sophistication of modelling approaches</li> <li>• Over 900 CoM scenarios assessed</li> <li>• Multi-model comparisons</li> </ul>
	SR1.5 (2018)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No numerical estimates of impacts on aggregate economic activity were provided</li> <li>• Focus instead is on carbon prices and investments levels</li> <li>• Total energy-related investments increase by about 12% in 1.5°C pathways relative to 2 °C pathways</li> <li>• wide range of global carbon costs are roughly 3-4 times higher in 1.5 °C pathways than in 2 °C</li> <li>• There is a persistent gap between current investment patterns and what would be aligned with Paris goals</li> <li>• High confidence given to statement of large variability for cost of carbon</li> <li>• Very high confidence that socio-economic conditions influence cost of carbon</li> <li>• Limited to medium evidence, high agreement of a gap between current investment patterns and those compatible with 1.5 °C target.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• New scenario framework of Shared Socioeconomic Pathways (SSPs)</li> <li>• Literature on total mitigation costs of 1.5 °C mitigation pathways was limited and was not assessed</li> </ul>

Figura 30. Cada informe sucesivo del IPCC sintetiza los principales mensajes que surgen de los desarrollos recientes en la literatura sobre escenarios subyacentes de cambio climático. Nota Fuente Adaptado de: Köberle, A., Vandyck, T., Guivarch, C., Macaluso, N., Bosetti, V., Gambhir, A., . . . Rogelj, J. (2021). The cost of mitigation revisited. *Nature Climate Change*, 11(12), 1035-1045. doi:10.1038/s41558-021-01203-6

(diseñar y traducir)

### **6.3 Estimación de los costos de mitigación mediante modelos**

El IPCC ha enfatizado que los estudios de modelización brindan información valiosa, como la identificación de oportunidades de bajo costo, que son más importantes que los “resultados numéricos específicos de cualquier análisis”. Ha destacado que lo que importa son los costos netos, es decir, la diferencia entre los gastos requeridos y los beneficios acumulados de los cambios estructurales que implica una transición (Köberle, et al., 2021). Para la estimación de los costos de mitigación climática existen cuatro tipos de costos: costos técnicos, sectoriales, macroeconómicos y de bienestar. Estos tipos de costos no son confrontables ni semejantes. Los costos técnicos o de ingeniería materializan la diferencia de costo entre las tecnologías existentes y las nuevas; los costos sectoriales constituyen el costo de transformación para un sector completo, por ejemplo, el sector manufactura, sin tener en cuenta las secuelas en el resto de la economía; los costos macroeconómicos generalmente se miden como una variación del PBI y los costos de bienestar explican aspectos como la distribución del ingreso o la degradación ambiental (Páltev & Capros, 2013).

Diferentes modelos pueden proporcionar estimaciones de diferentes tipos de costos, dependiendo de sus estructuras. Independientemente de la métrica adoptada, los costos se calculan para escenarios que representan distintos grados de idealidad en las condiciones que rodean la transición. Los cambios estructurales resultantes de acciones de mitigación desordenadas pueden generar riesgos de transición que inevitablemente aumentarían el costo de la mitigación (TCFD, 2018). Para explorar las transformaciones bajas en carbono, se emplean modelos matemáticos para producir sistematizaciones numéricas que integren los sectores de economía, energía, clima y el uso de la tierra. Estos van desde modelos de sistemas energéticos ascendentes hasta modelos de equilibrio general computable como los modelos de evaluación integrada (IAM) usados en la investigación

climática a escala global. Estos se centran en opciones de mitigación del cambio climático y sus impactos proyectados denominados IAM de proceso detallado (DP). Un segundo tipo de IAM es mucho más agregada y se enfoca en calcular las emisiones de carbono y sus respectivos precios que maximizan el bienestar global. Estos modelos se llaman IAM de análisis costo-beneficio agregado (BCA) (Weyant, 2017). El IPCC indica enfocarnos en los IAM de procesos detallados en oposición a los IAM de costo-beneficio, ya que los primeros se usan con mayor reiteración en las evaluaciones ambientales (Köberle, et al., 2021).

Las estimaciones de los costos de las políticas públicas se comparan con escenarios de referencia que no incluya las políticas en cuestión; es decir, se calculan como la diferencia entre una supuesta realidad sin políticas climáticas y uno donde las políticas climáticas, la producción y el consumo están relacionados y donde se toman decisiones de inversión (Grant, et al., 2020). Esta realidad asumida, se denomina indistintamente línea, base o punto de referencia, se ha sido asumido hace mucho tiempo como un referente clave de la magnitud de los costos estimados de los escenarios de mitigación. En este sentido Grant et al. (2020) afirma que, definir una referencia realista es fundamental para evaluar apropiadamente las estimaciones del costo de los escenarios de política climática.

#### **6.4 El Costo de un clima cambiante**

Las estimaciones reportadas representan los costos brutos de la mitigación e incluyen la pérdida de productividad agrícola, la mortalidad y morbilidad inducidas por el calor (Ortiz-Bobea, et al., 2021), la pérdida de productividad laboral, e infraestructura por eventos extremos y el aumento del nivel del mar, pérdidas de biodiversidad y muchas otras (Dellink, Lanzi, Elisa, Chateau, & Jean, 2019). El estrés climático también tiene una relación compleja con la migración y la inestabilidad geopolítica y con la inestabilidad financiera (Lamperti, et al., 2019). Por último, el cambio climático aumenta los riesgos

de que se produzcan fenómenos extremos o acontecimientos de baja probabilidad, pero de gran impacto que pueden causar daños catastróficos e irreversibles. Sin embargo, la alta incertidumbre asociada a las implicaciones económicas de tales eventos significa que incluirlos en las estimaciones numéricas de costos puede oscurecer aún más, en lugar de aclarar, las opciones de solución (Weitzman, 2009). Una cuestión más relevante podría ser cómo implementar la mitigación de una manera que sea compatible con mejorar el bienestar humano o promover el desarrollo sostenible. Una manera de abstraerse de los impactos del cambio climático en el debate sobre las vías de mitigación es explorar conjuntos de escenarios que tengan emisiones acumulativas similares, ya que esto compararía escenarios con impactos climáticos similares (Köberle, et al., 2021). Además, la forma en que se implementa la política climática en sí puede influir en los impactos del calentamiento global al afectar la capacidad de las regiones y grupos socioeconómicos vulnerables para adaptarse a las condiciones climáticas cambiantes. Esto debería reconocerse en trabajos futuros, revelando los impactos económicos para agentes y regiones heterogéneas en el mundo (Emmerling & Tavoni, 2019).

### **6.5 La acción climática en concordancia con el Acuerdo de París**

La toma de decisiones climáticas en este contexto requerirá cambios estructurales en las economías locales. En lugar de políticas climáticas aisladas, esta transición profunda necesitará ser respaldada por paquetes de políticas que contengan instrumentos sectoriales específicos, que pueden, y posiblemente deberían, diseñarse de manera coordinada para mejorar las sinergias intersectoriales y minimizar las compensaciones (Rogelj, et al., 2019). Dichos paquetes pueden al mismo tiempo reducir las emisiones y mejorar la eficiencia económica al mejorar la coordinación de políticas entre sectores y geografías, eliminar las barreras de información y eliminar el poder existente, garantizar un clima estable para las inversiones a largo plazo a través de señales gubernamentales creíbles o

permitir que los innovadores sean recompensados por los beneficios socializados de sus inversiones. Un enfoque de paquete de políticas de base amplia puede ayudar a acelerar la transición para alcanzar objetivos sociales ambiciosos (Bataille, et al., 2018). Esta transición probablemente también requiera el despliegue de un conjunto completo de instrumentos de política fiscal, financiera y monetaria para permitir un entorno financiero favorable que desbloquee las inversiones necesarias en todas las latitudes (Krogstrup & Oman, 2019). Es lógico entonces que paquetes de políticas de tan amplio alcance deban apuntar también a eliminar las ineficiencias existentes mediante la inclusión de medidas a favor del desarrollo que garanticen beneficios más amplios en materia de bienestar humano (Leimbach, et al., 2010).

### **6.6 Los costos de alcanzar los objetivos climáticos**

Una política climática eficaz requiere información de diversas disciplinas científicas. Se debe usar metamodelos a partir de modelos climáticos y de evaluación integrada del presupuesto de emisiones, costos y fuentes de incertidumbre para lograr metas en la reducción de la temperatura. El metamodelo va más allá de la incertidumbre paramétrica de los modelos individuales. Las estimaciones resultantes del cálculo promedio de los costos de reducción acumulativos para objetivos de 2 °C y 1,5 °C son de alrededor de 15 y 30 billones de dólares, variando en un amplio rango (entre 10 y 100 billones de dólares para el objetivo de 1,5 °C). Las fuentes que determinan esta incertidumbre dependen de la rigurosidad de los objetivos climáticos. La incertidumbre sobre el sistema climático domina en niveles elevados de calentamiento, pero la incertidumbre sobre los costos de reducción de emisiones domina en el caso de los objetivos del Acuerdo de París. De hecho, las diferencias de costos entre diferentes vías de desarrollo socioeconómico pueden ser mayores que la diferencia en las medianas de las estimaciones para los objetivos de 2 °C y 1,5 °C.

## VII. CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES

1. Los estudios de exposición de la población a riesgos climáticos, tiene escasa evidencia el concepto se asocian a factores de vulnerabilidad. Esta limitada evidencia perjudica el análisis de la situación y la identificación de las personas altamente expuestas a los riesgos, y al mismo tiempo restringe las medidas de adaptación en la reducción de la vulnerabilidad. Es fundamental replantear las medidas adoptadas para la población que está expuesta a riesgos climáticos, identificando urgentemente, áreas propensas a riesgos y desastres, donde el enlace con la vulnerabilidad social es vital. La mayor parte de la evidencia estudia la exposición a extremos de calor y sus secuelas; no obstante, la exposición a extremos de frío es menos entendida.
2. La evaluación del riesgo debido a peligros climáticos debe incluir: (i) la cuantificación de la presencia y magnitud del peligro; (ii) el nivel de exposición de la población a estos peligros; y (iii) el grado de vulnerabilidad de la población, que abarca la capacidad de adaptación y la susceptibilidad al riesgo. Por tanto, es esencial que las medidas de adaptación y mitigación para salvaguardar la salud y el bienestar de la población considere una evaluación integral basado en la evidencia de estos tres componentes del riesgo. En la actualidad y en el futuro, será categórica la gestión del riesgo por inundaciones, más aún si se trata de sociedades de bajos ingresos, donde los avances de desarrollo se ven amenazados por los efectos de las inundaciones.
3. La caracterización hidrogeológica de la cuenca, ha permitido corroborar la existencia de acuíferos semiconfinados y confinados en la parte baja de la cuenca, albergados en lechos rocosos pliocuaternarios con características detríticas e impermeables que, a pesar de su importancia están poco estudiados. El agua subterránea es un recurso hídrico decisivo en zonas donde el agua superficial es escasa o de complicado acceso.

El desarrollo sostenible no solo depende de la disponibilidad de agua superficial sino también del aprovechamiento sostenible de los acuíferos.

4. La costa peruana, una de las zonas más áridas del mundo, registra precipitaciones anuales promedio en la mayoría de las estaciones meteorológicas por debajo de los 10 mm. A pesar de esta falta de precipitaciones, que solo se ve interrumpida cuando el fenómeno ENOS golpea la costa peruana, la producción agrícola ha experimentado un auge expansivo en las últimas décadas por la explotación no sostenible de los acuíferos y aguas superficiales que llegan desde los Andes.
5. La zona montañosa, donde nacen los principales ríos, presenta condiciones geológicas favorables para el caudal de los ríos y por tanto para la abundancia de este recurso en las zonas bajas de la cuenca pues los afloramientos rocosos son en su mayoría impermeables, los cuales ante un evento de precipitación favorecen a la escorrentía aumentando el caudal superficial de los ríos.
6. El inventario de peligros revela que, de 1343 casos el 25.32 %, son ocurrencias de flujos de detritos, 15.41 % son derrumbes, 14.89 %, es erosión de laderas, erosión de laderas, 13.10 %, son deslizamientos rotacionales 7.82 %, es flujo de lodo, 6.33 %, es erosión fluvial, 4.17 %, es inundación fluvial 3.14 % son deslizamientos traslaciones, 2.61 % son movimientos complejos, 1.86 % son arenamientos, 1.71 %, son avalancha de rocas, 1.56 % es reptación de suelos, 1.41 % es caída de rocas. A partir de esta evidencia podemos concluir que existe una gran actividad geológica en la cuenca y un alto potencial de peligro.
7. La cuenca presenta una alta predominancia de depósitos eólicos, aluviales y fluviales, que albergan depósitos minerales metálicos y no metálicos. La zona de estudio es altamente susceptible a peligros geológicos producto de la geodinámica externa e

interna y con una alta probabilidad de eventos sísmicos. La incidencia de un fenómeno de licuefacción es alta debido a la existencia omnipresente de suelos arenosos y una capa freática relativamente cerca de la superficie.

8. La complicada topografía de la cordillera de los andes determina una alta variabilidad espacial y condiciones geológicas, climatológicas, pedológicas y geomorfológicas únicas a lo largo de un ecosistema clave para el ser humano: el páramo. Estas condiciones a su vez dan lugar a una diversidad de comportamientos hidrológicos en la región que necesita ser evaluada y cuantificada en futuros estudios para la mejora de la gestión de los recursos hídricos.
9. El análisis de susceptibilidad a los movimientos en masa, determina diferentes pesos (%) en la incidencia de estos eventos geológicos en la cuenca Piura, de este modo la litología de la zona tiene un peso de (35 %), las pendientes (25 %), la geomorfología (15 %), la hidrogeología (15%), la cobertura vegetal y uso del suelo (10 %). Los materiales que favorecen esta susceptibilidad son las rocas volcánicas, las volcánicas sedimentarias e intrusivas muy fracturadas y meteorizadas y los suelos de tipo arcillo-limoso, areno-limoso Este análisis muestra un alto grado de susceptibilidad a los movimientos en masa en el sector occidental de la región en localidades como: Huancabamba, Frías, Bigote, Lagunas, Sondorillo, Yamango y Tunal y en sectores del cerro Amotapes, Illescas, en laderas de montaña donde se ubican localidades como: Ayabaca, Canchaque, Montero, Sicches, Sapollica, Buenos Aires y Huarmaca.
10. Los desastres asociados a fenómenos geológicos y climatológicos como El Niño nunca son la consecuencia exógena de amenazas “naturales” que perturban a la sociedad, sino que emergen de profundas causas relacionadas tanto a los eventos que

los generan como fundamentalmente a los contextos socioculturales en los que suceden.

11. Debemos destacar el nefasto rol de la corrupción en el resquebrajamiento de los esfuerzos para disminuir el riesgo de desastres y optimizar su gobernanza. Si bien la corrupción política es un problema generalizado a escala mundial, su investigación sigue siendo dificultosa y potencialmente peligrosa en la mayoría de contextos. Como resultado, el análisis de sus efectos suele omitirse. Aquí aseveramos que el no abordamiento de su influencia como causa fundamental del riesgo de desastres en un ámbito como el de nuestro país, conduce a conclusiones incompletas y potencialmente falaces.

## VIII. CAPÍTULO VIII: REFERENCIAS

- Aitsi-Selmi, A., Egawa, S., Sasaki, H., Wannous, C., & Murray, V. (2015). The Sendai Framework for Disaster Risk Reduction: Renewing the Global Commitment to People's Resilience, Health, and Well-being. *International Journal of Disaster Risk Science*, 6(2), 164-176. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s13753-015-0050-9>
- ANA. (2017). Diagnostico dela cuenca del rio Piura con Enfoque de gestion Riesgo. Lima, Perú. <https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/34/ANA0000538.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Aybar, C., Fernández, C., Huerta, A., Waldo Lavado, F. V., & Felipe-Obando, O. (2020). Construction of a high-resolution gridded rainfall dataset for Peru from 1981 to the present day. (T. & Francis, Ed.) *Hydrological Sciences Journal*, 65(5), 770-785. <https://doi.org/10.1080/02626667.2019.1649411>
- French, A., Mechler, R., Arestegui, M., MacClune, K., & Cisneros., A. (2020). Root causes of recurrent catastrophe: The political ecology of El Niño-related disasters in Peru. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 47, 101539. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101539>
- Gobierno Regional de Piura. (2009). Proceso de Elaboracion del Plan de Gestion de la Cuenca del Rio Piura. Lima, Piura, Perú. <https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/1881/ANA0000778.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hirabayashi, Y., Tanoue, M., Sasaki, O., Zhou, X., & Yamazaki, D. (2021). Global exposure to flooding from the new CMIP6 climate model projections. *Scientific Reports*, 11(1), 3740. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-83279-w>
- Llauca, H., Leon, K., & Lavado-Casimiro, W. (2023). Construction of a daily streamflow dataset for Peru using a similarity-based regionalization approach and a hybrid hydrological modeling framework. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 47, 101381. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2023.101381>
- López Rodriguez, N. B., & Gallo Ruiz, L. M. (2001). *Diagnostico de la Cuenca del Rio Piura con enfoque de Gestion de Riesgo*. (F. A. Díaz, & T. S. Bustamante, Eds.) Lima, Lima, Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12543/34>
- MINAM. (2019, 04 15). *Guia de Evaluacion del Estado del Ecosistema Paramo*. Lima, Perú. <https://geoservidor.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2019/11/ECOSISTEMA-P%C3%81RAMO.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2021). El Reino del Desierto y los Humedales: Biodiversidad y Conservacion en Sechura, Piura. Lima. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2363169/Publicaci%C3%B3n%20.pdf>
- Mosquera, G. M., Hofstede, R., Bremer, L. L., Asbjornsen, H., Carabajo-Hidalgo, A., & Rolando Céleri, P. C.-H.-V.-D. (2023). Frontiers in páramo water resources research: A multidisciplinary assessment. *Science of The Total Environment*, 892, 164373. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164373>

- Nkwunonwo, U., Whitworth, M., & Baily, B. (2020). A review of the current status of flood modelling for urban flood risk management in the developing countries. *Scientific African*, 7, e00269. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00269>
- Parodi, E., Kahhat, R., & Vázquez-Rowe, I. (2021). Multi-dimensional damage assessment (MDDA): A case study of El Niño flood disasters in Peru. *Climate Risk Management*, 33, 100329. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.crm.2021.100329>
- Rodríguez-Morata, C., Díaz, H. F., Ballesteros-Canovas, J. A., Rohrer, M., & Stoffel, M. (2019). The anomalous 2017 coastal El Niño event in Peru. *Climate Dynamics*, 52(9), 5605-5622. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s00382-018-4466-y>
- Sabogal-Dunin-Borkowski, A. (2023). Sustainable Development of the Peruvian Paramo: A Case Study of the Pacaipampa, Alto de Frias, and Huancabamba, Piura Department, Peru. *Revista Kawsaypacha: Sociedad y Medio Ambiente*. <https://doi.org/https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.202301.001>
- Seiner, L. (2001). El Fenomeno el Niño en el Perú: Reflexiones desde la Historia. Lima, Perú. <https://www.proquest.com/openview/6b534b4815c6a54e309977417a7f625d/1?pq-origsite=gscholar&cbl=29640>
- Vásquez, R., Godofredo, Ibáñez, & Talledo, O. (2003). Diagnóstico de la cuenca del río Piura con enfoque de gestión del riesgo. (CONAM, Ed.) Perú. <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/305>
- Velasco, A., & Capilla, J. (2019). Hydrogeological characterization and assessment of anthropic impacts in the Lower Piura Sub-basin Aquifer in Peru. *Hydrogeology Journal*, 27(8), 2755-2773. <https://doi.org/10.1007/s10040-019-02027-7>
- ARCC. (18 de noviembre de 2022). Plan Maestro Integral para el Control de Inundaciones y la Gestión de Transporte de Sedimentos de la Cuenca del Río Piura. Lima. Obtenido de <https://www.rcc.gob.pe/2020/wp-content/uploads/2023/01/Plan-maestro-Rio-Piura.pdf>
- Asfaw, D., & Workineh, G. (2019). Quantitative analysis of morphometry on Ribb and Gumara watersheds: Implications for soil and water conservation. *International Soil and Water Conservation Research*, 7(2095-6339), 150-157. doi:<https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2019.02.003>
- Autoridad Nacional del Agua ANA. (2015). Plan de Gestión de los Recursos Hídricos de la Cuenca Chira-Piura. Lima. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12543/87>
- Baker, V. R. (2020). The modern evolution of geomorphology — Binghamton and personal perspectives, 1970–2019 and beyond. *Geomorphology*, 366, 106684. doi:<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2019.02.028>
- Bataille, C., Guivarch, C., Stéphane, Hallegatte, Joeri, Rogelj, & Waisman, H. (2018). Carbon prices across countries. *Nature Climate Change*, 8(8), 648-650. doi:10.1038/s41558-018-0239-1
- Bergmann, J. K., Palomino, C. F., Gornott, C., Gleixner, S., Laudien, R., & Lobanova, A. (2021). Evaluación de la evidencia: Cambio climático y migración en el Perú. (I. P. (OIM), Ed.) Ginebra, Potsdam. Retrieved from <https://publications.iom.int/system/files/pdf/assessing-the-evidence-peru-es.pdf>

- Bhadwal, S., Verma, Kumar, N., Kumar, S., Kumar, Manish, & Kumar, P. (2022). Morphometric Analysis and Geohydrological Inference of Bhilangna Drainage Basin, Uttarakhand (India) Using Remote Sensing and GIS Techniques. In *Water Resources Management and Sustainability* (pp. 403-422). Singapore: Springer Nature Singapore. doi:10.1007/978-981-16-6573-8\_19
- Casimiro, W. S., Ronchail, J., Labat, D., Espinoza, J. C., & Guyot, J. L. (2012). Basin-scale analysis of rainfall and runoff in Peru (1969–2004): Pacific, Titicaca and Amazonas drainages. (T. & Francis, Ed.) *Hydrological Sciences Journal*, 57(4), 625-642. doi:10.1080/02626667.2012.672985
- Catani, F., Lagomarsino, D., Segoni, S., & Tofani, V. (2013). Landslide susceptibility estimation by random forests technique: sensitivity and scaling issues. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 13(11), 2815--2831. doi:10.5194/nhess-13-2815-2013
- CENEPRED. (2023, Diciembre). Escenarios de riesgo por lluvias para el periodo enero - marzo 2024 (con base en el Informe Técnico N°16-2023/SENAMHI-DMA-SPC). (M. Y. Koizumi, Ed.) Retrieved from [https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//16859\\_escenarios-de-riesgo-por-lluvias-para-el-periodo-enero-marzo-2024-con-base-en-el-informe-tecnico-n016-2023senamhi-dma-spc.pdf](https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//16859_escenarios-de-riesgo-por-lluvias-para-el-periodo-enero-marzo-2024-con-base-en-el-informe-tecnico-n016-2023senamhi-dma-spc.pdf)
- Consejo Nacional del Ambiente CONAM. (2017). El Cambio Climático: impactos y oportunidades para Piura. Lima. Obtenido de <https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/4397/ANA0002907.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Dellink, R., Lanzi, Elisa, Chateau, & Jean. (2019). The Sectoral and Regional Economic Consequences of Climate Change to 2060. *Environmental and Resource Economics*, 72(2), 309-363. doi:10.1007/s10640-017-0197-5
- Emmerling, J., & Tavoni, M. (2019). Representing inequalities in integrated assessment modeling of climate change. Milano, Italy. doi: 10.1016/j.oneear.2021.01.013
- Fundación Manuel J. Bustamante De La Fuente. (2010). Cambio climático en el Perú. Costa Norte. Lima. Retrieved from <https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/445.pdf>
- Grant, N., Hawkes, Adam, Napp, Tamaryn, Gambhir, & Ajay. (2020). The appropriate use of reference scenarios in mitigation analysis. (Springer, Ed.) *Nature Climate Change*, 10(7), 605-610. doi:10.1038/s41558-020-0826-9
- Hirabayashi, Y., Mahendran, R., Koirala, S., Konoshima, L., Yamazaki, D., Watanabe, S., . . . Kanae, S. (2013). Global flood risk under climate change. *Nature Climate Change*, 3(9), 816-821. doi:10.1038/nclimate1911
- Ingemmet. (1994). Geología de los cuadrángulos de Paita, Piura, Talara, Sullana, Lobitos, Quebrada. Seca, Zorritos, Tumbes, Zarumilla. Hojas: 11-a, 11-b, 10-a, 10-b, 9-a, 9-b, 8-b, 8-c, y 7-c – [Boletín A 54]. Lima. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12544/175>
- IPCC. (2014). El Quinto Reporte de Evaluación del IPCC ¿Qué implica para Latinoamérica? Ginebra. Retrieved from <https://cdkn.org/sites/default/files/files/INFORME-del-IPCC-Que-implica-para-Latinoamerica-CDKN.pdf>

- Köberle, A., Vandyck, T., Guivarch, C., Macaluso, N., Bosetti, V., Gambhir, A., . . . Rogelj, J. (2021). The cost of mitigation revisited. *Nature Climate Change*, *11*(12), 1035-1045. doi:10.1038/s41558-021-01203-6
- Krogstrup, S., & Oman, W. (2019, September). Macroeconomic and Financial Policies for Climate Change Mitigation: A Review of the Literature. (I. M. FUND, Ed.) Retrieved from <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2019/09/04/Macroeconomic-and-Financial-Policies-for-Climate-Change-Mitigation-A-Review-of-the-Literature-48612>
- Lamperti, F., Bosetti, Valentina, Roventini, Andrea, Tavoni, & Massimo. (2019). The public costs of climate-induced financial instability. *Nature Climate Change*, *9*(11), 829-833. doi:10.1038/s41558-019-0607-5
- Leimbach, M., Nico, Bauer, Lavinia, Baumstark, Ottmar, & Edenhofer. (2010). Mitigation Costs in a Globalized World: Climate Policy Analysis with REMIND-R. (Springer, Ed.) *Environmental Modeling & Assessment*, *15*(3), 155-173. doi:10.1007/s10666-009-9204-8
- Martínez-Ardila, A. M., Pompe, L., Clausen, B. L., Paterson, S. R., Holk, G. J., & Luffi, P. (2023). A synthesis of the Peruvian Coastal Batholith: An exploration of temporal histories, causes of compositional diversity, and tectonomagmatic links in arcs. *Lithos*, *456-457*, 107298. doi:<https://doi.org/10.1016/j.lithos.2023.107298>
- Meuser, E., Mooers, A., & Cleary, D. F. (2013). El Niño and Biodiversity. In S. A. Levin, & A. Press (Ed.), *Encyclopedia of Biodiversity* (Second Edition ed., pp. 155-163). Elsevier. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384719-5.00235-5>
- MINAM. (2008). *Diagnóstico Ambiental del Perú*. Lima. Retrieved from <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/diagnostico-ambiental-peru>
- MINAM. (2015). Territorial, Guía metodológica para la elaboración de los instrumentos técnicos sustentatorios para el Ordenamiento Territorial. Ministerio del Ambiente. Retrieved from <https://www.minam.gob.pe/ordenamientoterritorial/wp-content/uploads/sites/129/2017/02/Gu%C3%ADa-Metodol%C3%B3gica.pdf>
- Ortiz-Bobea, A., Ault, T., Carrillo, C., Chambers, Robert, Lobell, & David. (2021). Anthropogenic climate change has slowed global agricultural productivity growth. *Nature Climate Change*, *11*(4), 306-312. doi:10.1038/s41558-021-01000-1
- Páltev, S., & Capros, P. (2013). Cost Concepts for Climate Change Mitigation. *Climate Change Economics*, *04*(supp01), 1340003. doi:10.1142/S2010007813400034
- Pfister, C. (2001). Climate, History of. In N. J. Baltes, & Pergamon (Ed.), *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences* (pp. 2000-2003). Oxford: Elsevier. doi:<https://doi.org/10.1016/B0-08-043076-7/02664-4>
- Rogelj, J., Huppmann, D., Krey, V., Riahi, K., Clarke, L., Gidden, M., . . . Meinshausen, M. (2019). A new scenario logic for the Paris Agreement long-term temperature goal. *Nature*, *573*(7774), 357–363. doi:10.1038/s41586-019-1541-4
- Servicio Geológico Checo. (2010). Evaluación de las condiciones geomorfológicas e hidrogeológicas de las Cuencas bajas del Río Piura y Río Chira para mitigar factores ambientales que restringen el desarrollo social y económico de las regiones-Reporte final. Praha. Retrieved from <https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/33/ANA0000536.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Sofia, G. (2020). Combining geomorphometry, feature extraction techniques and Earth-surface processes research: The way forward. *Geomorphology*, 107055. doi:<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2020.107055>
- Strange, T., & Bayley, A. (2012). *Desarrollo sostenible: Integrar la economía, la sociedad y el medio ambiente, esenciales OCDE*. OECD Publishing-Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM. doi:10.1787/9789264175617-es
- Tapley, T. D., & Waylen, P. R. (1990). Spatial variability of annual precipitation and ENSO events in western Peru. (T. & Francis, Ed.) *Hydrological Sciences Journal*, 35(4), 429 - 446. doi:10.1080/02626669009492444
- TCFD. (2018). Informe de situación de 2018 Grupo de trabajo sobre divulgaciones financieras: Informe de situación. Switzerland. Retrieved from <https://www.fsb-tcfd.org/publications/tcfd-2018-status-report/>
- Tostes, M., Espejo, M., Macedo, E., & Torres, F. (2020). Water Resources Management in Vulnerable Ecosystems: Quiroz River Basin, Piura. *European Journal of Sustainable Development*, 9(4), 33-43. doi:10.14207/ejsd.2020.v9n4p33
- United Nations. (1992). Framework Convention on Climate Change. Stockholm. Retrieved from [https://unfccc.int/sites/default/files/convention\\_text\\_with\\_annexes\\_english\\_for\\_posting.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/convention_text_with_annexes_english_for_posting.pdf)
- Weitzman, M. (2009). On Modeling and Interpreting the Economics of Catastrophic Climate Change. *The Review of Economics and Statistics*, 91(1), 1-19. doi:10.1162/rest.91.1.1
- Weyant, J. (2017). Some Contributions of Integrated Assessment Models of Global Climate Change. (T. U. Press, Ed.) *Review of Environmental Economics and Policy*, 11(1), 115-137. doi:10.1093/reep/rew018
- Wood, A., & Sreckovic, G. (2013). 5.12 - The Sustainability of Pacific Northwest Hydropower Generation in the Context of Nonstationarity and Renewable Energy Growth. In R. A. Pielke, & A. Press (Ed.), *Climate Vulnerability* (pp. 177-194). Oxford: Elsevier. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384703-4.00514-1>
- Actualidadambiental. (s.f.). *Propuesta de Reserva Nacional Mar Tropical de Grau*. <https://www.actualidadambiental.pe/martropicaldegrau/#inicio>
- Cards.algoreducation. (s.f.). *Ecorregiones Marinas del Perú: Mar Frío de la Corriente Peruana*. <https://cards.algoreducation.com/es/maps/ecorregiones-peru-biodiversidad-caracteristicas>.
- Alzamora, M.; More, A. and Suarez, F. 2021, El Reino del Desierto y los Humedales, Biodiversidad y Conservación en Sechura, Piura. Ministerio del Ambiente Ed. Lima, Perú. 200 pg.
- Lifeder (2022, 17 de octubre). *Serranía Esteparia*. <https://www.lifeder.com/serrania-esteparia/>
- Organización de las Naciones Unidas (2009). Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres. Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas (UNISDR). Ginebra, Suiza, mayo del 2009.
- Autoridad Nacional del Agua (ANA). 2016. Sistema De Gestión De La Cuenca Del Río Piura Diagnostico Participativo De La Cuenca Del Río Piura Con Enfoque De Gestión Del Riesgo. Repositorio.ana.gob.pe was first indexed by Google in December 2016

<https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/34/ANA0000538.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). 1994. Base de datos del Ministerio de Agricultura (Dirección General de Información Agraria) 20 III censo nacional agropecuario 1994.

-Editorial-  
**CILADI**  
Centro de Investigación Latinoamericano  
para el Desarrollo e Innovación

ISBN: 978-9942-696-03-8

